

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-203449

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

G06F 3/00

G06T 15/00

G09G 5/00

G09G 5/20

(21)Application number : 10-007263

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.01.1998

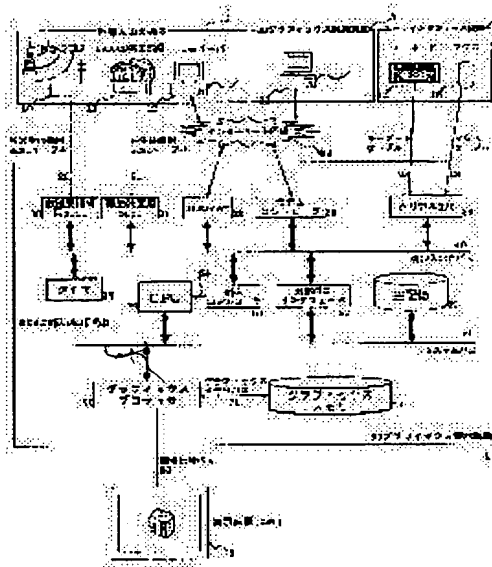
(72)Inventor : SHIN YOSHITAKA
 KOGA KAZUYOSHI
 KATSURA AKIHIRO
 MATSUO SHIGERU
 SHIMOMURA TETSUYA
 KAKEBE ISAO
 NAKATSUKA YASUHIRO

(54) DEVICE AND METHOD FOR PROCESSING GRAPHICS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable selection considering the importance of respective three-dimensional(3D) models by providing an interface capable of setting the detailed degree of the entire model and the detailed degree to each model.

SOLUTION: The VRML or the like received by using TV radio waves is received by a broadcasting receiver 10 and inputted to a SCSI 30 for broadcasting receiver. At a DVD or CD reproducing device 11, it is inputted to a SCSI 31 for reproducing device. The data outputted from a WWW server 12 and a 3D graphics developing environment 13 are inputted through an internet line 22 to a 10 BaseT-32 and a modem controller 33. At user interface equipment 4, the information from a keyboard 14 or a mouse 15 is inputted to a serial I/O 34 and interruption is generated to a CPU 50. By inputting data through these interfaces with the outside, the CPU 50 can select the model of the detailed degree while considering a display enabled rate or the importance degree of each model determined from the ability of a system as well.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平11-203449

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62 A
G 0 6 F 3/00	6 5 1	3/00 6 5 1 A
G 0 6 T 15/00		G 0 9 G 5/00 5 2 0 V
G 0 9 G 5/00	5 2 0	5/20
5/20		G 0 6 F 15/72 4 5 0 A
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 32 頁)		

(21) 出願番号 特願平10-7263

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月19日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 新 吉高

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 古賀 和義

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 桂 晃洋

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

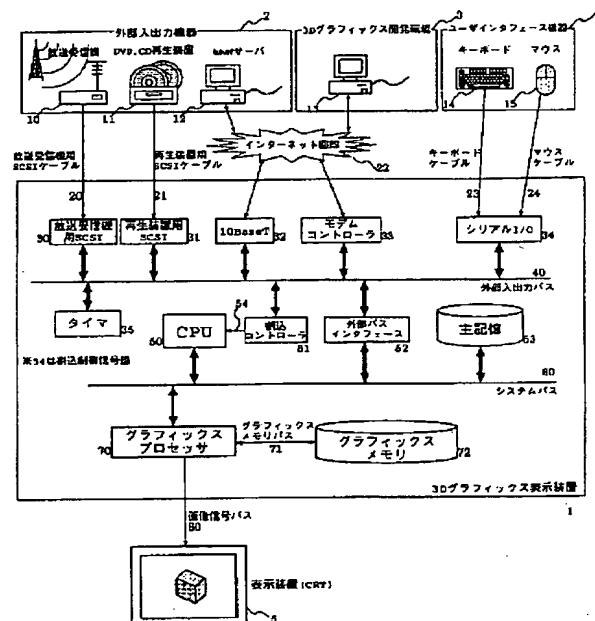
(54) 【発明の名称】 グラフィックス処理装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 レベルの異なるマシンで共通のコンテンツを高速に表示できるようにする。

【解決手段】 システムの能力やユーザの設定を元に、3Dグラフィックスの個々のモデルの詳細度を選択可能なインタフェースと、その装置を提供する。また、表示可能な色の少ないシステムや、Zバッファのような資源の無いシステムでも奇麗な表示が可能となるための方法とそのシステム構成を提案する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】グラフィックスデータを作成する開発環境と実行する環境を独立に持ち、実行環境の能力や制約に応じ、最適な表示を行うためのデータ変換処理機構を開発環境に持つグラフィックスシステム。

【請求項 2】グラフィックスデータを作成または送信する開発環境と、実行する環境とを独立に持ち、実行環境の能力や制約に応じ、グラフィックスデータを開発環境または実行環境で動的に変換することを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 3】グラフィックスデータを送信するサーバと実行する環境とを独立に持ち、実行環境の能力や制約に応じ、最適な表示を行うためのデータ変換処理機構をサーバに持つグラフィックスシステム。

【請求項 4】グラフィックスデータを送信するサーバと実行する環境とを独立に持ち、実行環境の能力や制約に応じ、グラフィックスデータをサーバまたは実行環境で動的に変換することを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 5】グラフィックスデータを作成する開発環境と、番号と色を対応させるカラーマップを持つことを特徴とする実行環境を持ち、このカラーマップから色変換テーブルを開発環境または実行環境で作成することにより、色の輝度階調計算を行うことを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 6】グラフィックスデータを送信するサーバと、番号と色を対応させるカラーマップを持つことを特徴とする実行環境を持ち、このカラーマップから色変換テーブルをサーバまたは実行環境で作成することにより、色の輝度階調計算を行うことを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 7】グラフィックスデータを作成する開発環境と、Zソート法で隠面消去をすることを特徴とする実行環境を持ち、Zソート法に適した 3D データへの分割を開発環境または実行環境で行うことにより、正確な隠面消去を行うことを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 8】グラフィックスデータを送信するサーバと、Zソート法で隠面消去をすることを特徴とする実行環境を持ち、Zソート法に適した 3D データへの分割をサーバまたは実行環境で行うことにより、正確な隠面消去を行うことを特徴とするグラフィックスシステム。

【請求項 9】2次元のクリッピング機能を持つグラフィックス表示装置において、描画する面を視線の奥行き方向の平面によってクリッピングする際に、面を分割することによって正しく表示する方法。

【請求項 10】グラフィックスデータを作成する開発環境と実行環境を持ち、開発環境で予め計算結果が同じまたは近くなるようなデータをまとめておき、実行環境でこれを一度に計算することによって、正確または近似的な表示を可能とすることを特徴とするグラフィックスシ

ステム。

【請求項 11】グラフィックスデータを送信するサーバと実行環境を持ち、サーバで予め計算結果が同じまたは近くなるようなデータをまとめておき、実行環境でこれを一度に計算することによって、正確または近似的な表示を可能とすることを特徴とするグラフィックスシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、3D（3次元）図形を表示する 3D グラフィックス表示技術に係わり、特に、個人情報機器のような少ないハードウェア量のシステムにおいて、3D 図形の表示を高速かつ十分な品質で処理するための 3D グラフィックス表示装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】3D グラフィックスの表示を行うシステムにおいて、アプリケーションがハードウェアを直接使うのではなく、ハードウェアとアプリケーションプログラムの間に中間的なソフトウェア層（以下ミドルウェアと呼ぶ）を導入することで、アプリケーションの開発コストの低減や、ハードウェアの変更が容易になる（例えば、日経 CG 1996 年 12 月号特別付録参照）。

【0003】このような流れの中、従来のグラフィックスワークステーション（GWS）は勿論、パーソナルコンピュータ（PC）や、個人情報機器に対する実時間 3D 表示の要求が高まっており、レベルの異なる装置で共通のコンテンツを高速に表示できるようになることが望ましい。

30 【0004】これを実現するための 1 つ目の問題として、単位時間当たりに描画可能なポリゴン数が装置によって異なるため、要求時間内に 3D モデルを表示しきれない場合が発生する可能性がある。これを解決するためのアプローチとして、Level of detail（LOD）、ポリゴンリダクションがある。

40 【0005】LOD とは同じ物体に対して、異なった詳細度（例えばポリゴン数）の 3D モデルを用意し、実行時に z 方向の距離に応じて表示するモデルを変えることにより、不必要に高精細な表示を避け、高速な表示を可能とする技術である（VRML2.0 SOURCEBOOK p. 499 ~ p. 508 参照）。

【0006】また、ポリゴンリダクションとは、高精細なモデルを簡略して高速に表示するために、ユーザの設定したルールに従ってポリゴン数を減らす技術である（Soft Image/3D Modeling p. 317 ~ p. 346 参照）。LOD 用に自動的に異なる詳細度のモデルを生成するためにも用いられる。連続的にポリゴン数を減らすアルゴリズムは SRA（Successive Relaxation Algorithm：日経 CG 8 月号 p. 174）などがある。

50 【0007】レベルの異なるマシンで共通のコンテンツ

を、高速に表示できるようにするための2つ目の問題として、表示可能色数の差がある。個人情報機器においては、表示可能色数が少ない場合が多いため、適切な表示ができない可能性がある。

【0008】この問題を解決するためのアプローチとして、インデックスカラーモードを用いる方法がある。例えば、文献「X-Window Ver. 11 プログラミング（木下俊一著、日刊工業新聞社）」のp. 242, p. 243に書かれているPseudo Colorがここでいうインデックスカラーと同等のものである。インデックスと実際の色の対応表であるカラーマップをハードウェアに用意することで、2D画像に関しては少ない色数で比較的綺麗な表示を可能としている。

【0009】3D表示における輝度計算結果は、通常は赤、青、緑の光度を0から1の間の小数で表すことが多く、この結果を適切なインデックスに変換することと、適切に変換できるようなカラーマップを用意することが必要となる。これを簡単に実現する例として、カラーマップを輝度計算結果が反映しやすい形式に固定する方法がある（「Open GL Programming Guide日本語版」、アジソン・ウェスレイ発行のp. 192～p. 194を参照）。

【0010】3つ目の問題として、隠面消去法の違いによる表示結果の差異がある。WS、PCではZバッファ法が大勢を占めているため、このような隠面消去法の違いを解決するためのアプローチは今のところ特にない。しかし、個人情報機器レベルの装置においてはまだまだZバッファは高価であるし、WSやPCにおいてもバスの転送速度の問題があるため、Zバッファ法以外の隠面消去法の考慮は重要である。

【0011】Zバッファ法の他の隠面消去法として、Zソート法、タイル分割法がある。これらは文献「Interface, Dec. 1997」のp. 110, p. 114にも述べられているが、ここで簡単に説明する。まず、Zバッファ法は現在もっとも広く用いられている方法で、ピクセル単位の隠面消去を行えるが、表示領域の面積に比例したメモリが必要となり、メモリとグラフィックスプロセッサ間のバスの転送速度がボトルネックになりやすい。次に、Zソート法は過去によく用いられていた方法で、必要メモリが少なく簡単だが、面単位の隠面消去を行うために、近接した2つの面が正しく処理できない可能性がある。タイル分割法はこれらの欠点を補う隠面消去法である。画面を小領域に分割し、それぞれに小領域分のZバッファを利用するため、必要メモリは一定で且つピクセル単位の隠面消去が可能である。しかし、小領域分割における面の並べ替え処理がオーバーヘッドになる可能性があり、システムの計算能力が重要になる。

【0012】ハードウェア量の制限の厳しい個人情報機器においては、現状ではZソート法を用いるのが現実的であるが、今後の技術の発展により、Zバッファ法、タ

イル分割法またはこれら以外の隠面消去法を採用する場合も増えてくると考えられる。

【0013】以上のような問題の他に、個人情報機器レベルのシステムにおいては、表示アルゴリズムの高速化の工夫が必要である。ここでは2つ例を挙げる。

【0014】1つ目は、面の表示領域の境界でのクリッピングの高速化が必要である。クリッピングの基本的なアルゴリズムは、表示領域と面との交点計算を行って領域判定を行い、面を変形させるものである。交点計算と領域判定を省略して高速化するために、表示領域よりも広い仮想的な領域を考え、インタフェースとしてはこの領域にはみ出すような描画をすることで、レンダリングハードウェアによる高速なクリッピングを行うことができる。しかし、仮想的な領域のサイズにはハードウェア的に限界がある。

【0015】2つ目は表示ポリゴン数を減らす工夫である。例えば、視点から見た面の表裏判定を行い、表面だけ描画する方法（裏面カリング）がある。文献「コンピュータグラフィックス＜技術系CG標準テキストブック＞」（監修：技術系CG標準テキストブック編集委員会、発行：財団法人画像情報教育振興協会）のp. 170, p. 171に書かれているように、透視変換の場合、視点ベクトル（視点から面内の点へのベクトル）と面の法線との内積を求めることで面の表裏判定ができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】まず、従来の技術の1つ目の問題で述べた、LODとポリゴンリダクションに関する課題を列挙する。

【0017】従来は、3Dグラフィックス表示装置の表示可能な解像度や描画・表示速度に応じて、3Dグラフィックスの詳細度を変えるような、3Dグラフィックス表示装置と、外部入出力機器または3Dグラフィックス開発環境のインタフェースはなかった。

【0018】本発明の1番目の目的は、システムの能力やユーザの設定を元に、3Dグラフィックスの個々のモデルの詳細度を選択するインタフェースを提供することと、このインタフェースを用いた装置の構成を示すことである。

【0019】従来は、個々の3Dモデルの重要度は詳細度の選択として考慮されていなかった。

【0020】本発明の2番目の目的は、個々の3Dモデルに対しても詳細度を設定するインタフェースを提供することと、このインタフェースを用いた装置の構成を示すことである。

【0021】従来は多数の詳細度のモデルを用意しないと、詳細度の切り替わり時に発生するちらつきを抑えられなかった。

【0022】本発明の3番目の目的は、多数の詳細度のモデルを用意しなくても、3Dグラフィックス表示装置

上で必要な詳細度のモデルを生成可能となるインタフェースと装置を提供することである。

【0023】次に、従来の技術の2つ目の問題で述べた、カラーに関する課題を挙げる。

【0024】従来は、3Dデータが色数制限を考慮していなかったため、インデックスカラーモードにおける輝度計算において、色数が足りなくなる問題があった。このため、3Dにおける輝度計算結果を正しく表示ができず、カラーマップを固定したり、輝度の順にならべるなどの工夫をして正しい表示に近づける必要があった。つまり、自由にカラーマップを決定できないという問題があった。

【0025】本発明の4番目の目的は、色数制限を考慮していないような3Dデータを、自由なカラーマップを持つインデックスカラーモードにおいても、なるべく正しく表示できるようにするための方法及び装置を提供することである。

【0026】従来は、3Dグラフィックス表示装置の表示可能色数の能力を考慮したインタフェースが提供されていなかった。

【0027】本発明の5番目の目的は、表示可能色数を問合わせるためのインタフェースと、色数に合わせた3Dデータに変換するための方法とその装置を提供することである。

【0028】次に、従来の技術の3つ目の問題で述べた、隠面消去法に関する課題を挙げる。

【0029】従来は隠面消去法として特定の方法（例えばZバッファ法）を想定していたため、3Dデータの構造が別の方法（例えばZソート法）ではうまく表示できないといった問題があった。

【0030】本発明の6番目の目的は、3Dグラフィックス表示装置の隠面消去法に適したモデルに作り替える方法及び装置を提供することである。

【0031】従来は、3Dグラフィックス表示装置の利用可能な隠面消去法の種類を考慮したインタフェースが提供されていなかった。

【0032】本発明の7番目の目的は、利用可能な隠面消去法を問合わせるためのインタフェースと、隠面消去法に合わせた3Dデータに変換するための方法とその装置を提供することである。

【0033】次に、従来の技術で述べた、高速化の工夫に関する課題を挙げる。

【0034】従来は、表示領域外にはみ出た四角形のクリッピングを正確に交点計算を用いて行くと、ハードウェアの持つ単純な四角形描画機能を用いた高速化ができなくなる問題があった。

【0035】本発明の8番目の目的は、四角形を分割することにより、ハードウェアの持つ四角形描画機能を用いて高速に、クリッピングされた四角形を描画する方法と装置を提供することである。

【0036】従来は面の表裏判定に使用する面法線ベクトルを、面毎に独立に保持するデータ構造になっていたため、面数に比例した回数の表裏判定が必要であった。

【0037】本発明の9番目の目的は、同一モデル内の等しい法線ベクトルの面をまとめることにより、表裏判定の回数を削減する方法を提供することである。

【0038】従来は、3Dグラフィックス表示装置の能力を考慮した、表示モデルの選択、カラーテーブルの生成、隠面消去法に適したモデルの変換などの仕組みが、インタフェースとして提供されていなかった。

【0039】

【課題を解決するための手段】1番目と2番目の目的を達成するために、モデル全体の詳細度設定と個々のモデルに対する詳細度設定が可能なインタフェースを用意する。

【0040】3番目の目的を達成するために、ポリゴンリダクションを前処理で行うときに、削除する頂点の順序を保存しておき、その情報を持つことで、複雑な評価なしに連続的に詳細度を落とすことが可能な3Dモデルのデータ形式と、そのポリゴンリダクションアルゴリズムを提案する。

【0041】4番目の目的を達成するために、設定されているカラーマップから輝度計算結果に対応する色変換テーブルを生成する方法及び装置を提案する。そして、5番目の目的を達成するために、この色変換テーブル生成装置を有し、表示可能色数が少ない場合に色変換テーブルを用いた表示を行う装置を提案する。

【0042】6番目の目的を達成するために、Zソート法で正しく隠面消去可能になるように面を分割する機能を持つ装置を提案する。そして、7番目の目的を達成するために、この3Dデータを変換する装置を有し、隠面消去法に応じて3Dデータを変換する装置を提案する。

【0043】8番目の目的を達成するために、ハードウェアの持つクリッピング機能が使えようになるまで面を繰り返し分割し、描画する・しない・再分割の判定をすることで、正しくクリッピングする方法及び装置を提案する。

【0044】9番目の目的を達成するために、同一モデル内の面が比較的近距離にあることを利用し、同じ面法線ベクトルを持つ面をグループ化する仕組みと、このグループ化されたデータを用いて表裏判定回数を削減する方法及び装置を提案する。

【0045】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態である3Dグラフィックスシステムを、図1から図24を用いて詳細に説明する。

【0046】図1に、本発明を用いた3Dグラフィックスシステムの構成例を示す。

【0047】このシステムの中心となる装置は、データ処理、表示処理、データの入出力処理等の処理を行い、

各種データや命令を記憶する3Dグラフィックス表示装置1である。VRML、3D地形情報のような3Dモデルデータを、本システムの外部から入力し、さらに、本システムの状態を外部に出力できる外部入出力機器2と、ワークステーションまたはパソコンを用いた3Dグラフィックス開発環境3と、キーボード14、マウス15などの、ユーザインタフェース機器4から、3Dグラフィックス表示装置1に対して、放送受信機用SCSI30、再生装置用SCSI31、10BaseT32、モデムコントローラ33、シリアルI/O34のような外部とのインタフェースを介してデータを入力することができる。3Dグラフィックス表示装置1は入力されたデータに基づいて、座標計算、輝度計算、クリッピングなどの計算処理を行うCPU50と、計算結果を用いて2次元図形を表示するグラフィックスプロセッサ70でグラフィックスを生成する。生成された画像は画像信号バス80を通り、表示装置5によって表示される。

【0048】次に、表示すべき3Dモデルデータの流れを図1を用いて説明する。TV電波を用いて放送されるWebコンテンツ（例えばVRML）は、放送受信機10で受信され、放送受信機用SCSIケーブル20を介して、放送受信機用SCSI30に入る。さらに、外部入出力バス40、外部バスインタフェース52を通り、主記憶53に保存される。DVD、CD再生装置11についても同様である。WWWサーバ12、3Dグラフィックス開発環境13から出力されるデータは、インターネット回線22やLANを通して10BaseT32、モデムコントローラ33に入る。外部入出力バス40以降は放送受信機10と同様である。ただし、インターネット回線22は双方向アクセスが可能であることに注意する必要がある。

【0049】ユーザインタフェース機器4については、キーボード14、マウス15などからの情報がシリアルI/O34を通して割込コントローラ51、外部バスインタフェース52に入り、CPU50に対して割込を発生させる。これによって、CPU50は主記憶53に置かれている、ユーザの指示を解釈するためのプログラムを実行する。

【0050】次に、3Dグラフィックス表示の核となるCPU50とグラフィックスプロセッサ70の動作内容について説明する。3Dグラフィックスシステムに必要なソフトウェアは主記憶53に格納している。上記のユーザインタフェース機器4の割込処理の他に、3Dモデルからグラフィックスプロセッサ70用のディスプレイリスト（描画・表示命令列）を生成し、グラフィックスメモリを管理する機能を持つ3Dグラフィックスミドルウェア、外部入出力機器2から送られる汎用の3Dモデルデータをミドルウェアが解釈可能な形に変換するためのフィルタ、外部入出力機器2、特にインターネット回線22とつながっている機器との通信プログラムなどが

ある。これらのソフトウェアはシステムバス60を介してCPU50で実行される。

【0051】図2を用いて、グラフィックスプロセッサ70の詳細を説明する。CPU50で生成されたディスプレイリストはメモリインタフェース705を介して、グラフィックスメモリ72内のディスプレイリストバッファ721に保存される。ディスプレイリストはCPU50からの要求を受けて、レンダリング装置706が解釈し、生成された画像データはフレームバッファ722に保存される。画像表示については、ディスプレイ装置707がフレームバッファ722からデータを読み出しCRT表示用I/O709を介して画像信号バス80に出力する。

【0052】3Dグラフィックス表示するためのアルゴリズムの詳細は文献“コンピュータグラフィックス<技術系CG標準テキストブック>”（監修：技術系CG標準テキストブック編集委員会、発行：財団法人画像情報教育振興協会）に詳しいが、ここでは図5を用いて簡単に説明する。まず、詳細度の選択921では、詳細度テーブル915を元に、従来のz方向の距離だけでなく、システムの能力から決まる表示可能レートや、個々のモデルの重要度も考慮して詳細度のモデルを選択する。座標変換922では選択されたモデルに対し、モデル座標変換や視点座標変換を行う。輝度計算923では法線ベクトルと、光源やモデルの材質を用いて色の計算を行う。クリッピング924で表示する領域内の図形を切り出す。最後にグラフィックスプロセッサ70用のディスプレイリスト生成925をする。

【0053】以下本発明の特徴を具現化するものである、3Dグラフィックス表示装置1とその他の機器（2、3、4）とのインタフェース上を流れるデータの構造、そしてこれを解釈するアルゴリズムについて詳しく説明する。

【0054】まず1つ目として、LODとポリゴンリダクションの例を説明する。

【0055】図3の3Dモデルの例912（Torus1）は128面の三角形からなるドーナツ型の図形である。このような3Dモデルは図3の左側の項目として挙げている、頂点数901、頂点座標902、三角形数903、三角形（を構成する頂点）904、色905、法線ベクトル906、テクスチャID907、テクスチャ座標908からなるデータ構造90で記述可能である。本実施例では発明の特徴を明確にするため、頂点と三角形についてのみを詳しく説明する。また、一般に3Dモデルを多角形で表すことも可能だが、多角形は三角形を複数組み合わせれば構成可能なので、ここでは簡単のため多角形により構成されるモデルについては記述を省く。

【0056】一例として、図3のデータ構造90に基づく、Torus1を中心座標(0, 0, 0)に置いたときの実際の頂点座標902を図7、三角形を構成する頂点904

を図9に示す。

【0057】このTorus1に対して、図4のような、詳細度を下げたモデル913であるTorus2を生成するポリゴンリダクションのアルゴリズムは既に多くある。本発明におけるポリゴンリダクションアルゴリズムに対する要件は、(1) 3Dモデルは三角形から構成される、

(2) 詳細度を下げたモデルの頂点座標は、元のモデルの頂点座標の部分集合になっている、が満たされていればよい。

【0058】詳細度の異なる3Dモデルから、図4に示すような詳細度テーブル915と、モデルの代表点の座標914を、3Dモデルデータと別に3Dグラフィックス表示装置1に渡す。詳細度テーブル915は最低限、モデル名9151のようにモデルデータを選択するために必要となる情報と、三角形の面数で決定される詳細度9153があればよい。ちなみに、三角形の面数ではなく、頂点数などの他のパラメータを使うことも可能である。モデルの代表点914は、図7、図9の例では

(0, 0, 0)とできる。この座標はユーザが指定してもよいし、モデル作成時にたとえば重心計算によって自動的に決定してもよい。モデルの代表点は3Dグラフィックス表示装置1で決定してもよいが、処理が遅くなる可能性がある。

【0059】次に、本発明の特徴的な部分である詳細度の選択921について、図6を用いて、より詳しく説明する。まず、座標変換9211で、モデルの代表点の座標変換を行い、視点からの距離を表すz座標の値を得る。次にz値から決まる詳細度係数の計算9212をする。これについては図12で表されるように、(1) z値に対して詳細度係数を得る関数 $f(z)$ 916を考え、この係数を受け渡す、(2)あるz値に対応する詳細度のテーブル917を受け渡す、という方法がある。これによって計算された係数を元に、詳細度は全体の詳細度×モデルの詳細度係数×z値から決まる詳細度係数によって計算される9213。ここで全体の詳細度は、システム的能力から決まる表示可能レートに対応する値である。この値はシステム側が提供してもよいし、ユーザインタフェース機器4によりユーザの指定を促してもよい。詳細度から三角形の面数が計算できる9214。この値を元に、近い三角形の面数のモデルを詳細度テーブル915から選択する9215。

【0060】近い三角形の面数のモデルを選択するかわりに、本システム内で所望の面数のモデルを生成すること、またはインターネット回線22を通してWWWサーバ12や3Dグラフィックス開発環境13に対し所望の面数のモデルの生成を依頼し、結果を受け取ることは可能であるが、特に工夫がなければポリゴンリダクションに非常に時間がかかるために、現実的ではない。そこで、図3の結合可能頂点910と頂点を含む三角形のリスト911を3Dモデルデータに付随することで、これ

を解決する。これらの情報は、ポリゴンリダクション時に容易に生成可能である。結合可能頂点910は、頂点を削除する際に、結合する頂点を履歴として残しておけばよい。また、頂点を含む三角形のリスト911は図3の三角形904の単なる逆変換テーブルであるので、これも前処理段階であるポリゴンリダクション実行時に生成する分には問題はない。

【0061】以下、具体例を挙げて所望の面数のモデルの生成アルゴリズムを説明する。まず、ポリゴンリダクションの結果として、図4のTorus2が得られたとする。この頂点座標は前述の条件から、Torus1の頂点座標の部分集合になっている。具体的には、図7の頂点番号0から31までがTorus2の頂点座標に対応する。頂点座標の順序は自動的に決まるものではないので、この例のように頂点番号が低いほど、削除されない重要な点となるように並べ替える。図8は、結合可能頂点910と頂点を含む三角形番号のリスト911の具体例である。頂点を含む三角形番号のリスト911は、図8から生成できる。たとえば、頂点番号0を含む三角形番号は0, 1, 15, 112, 126, 127となっているが、図9においてこれらの三角形番号に対応する頂点番号には、すべて0が含まれている。

【0062】図8を元に、Torus1から頂点番号iを削除したモデル(以下Torus1'と表現する)を生成するアルゴリズムは次のようになる。(1)図8から結合可能頂点i'を得る、(2)頂点iを含む三角形番号のリストの要素すべてに対して、対応する三角形の頂点番号iをi'に付け替える、(3)付け替えた三角形において、頂点が重複するものを削除する。

【0063】例として $i=63$ を考える。(1) $i'=31$ 、(2)三角形番号108, 109, 110, 125, 126, 127に対し、頂点番号63となっているものを31に付け替える、(3)三角形番号108, 109, 125は頂点が重複しているので削除する。図10は $i=63$ から32までアルゴリズムを実行したときに行えるTorus2の(2)の段階の三角形頂点番号表である。図11は(3)の段階、つまり三角形でないものを削除したものである。

【0064】以上のポリゴンリダクションアルゴリズムは3Dグラフィックス表示装置1上で実行してもよいし、インターネット回線22を通してWWWサーバ12や3Dグラフィックス開発環境13に任せてもよい。さらに、ある程度の詳細度のモデルまではWWWサーバ12や3Dグラフィックス開発環境13でこのアルゴリズムを実行し、それ以下の詳細度のモデルについては3Dグラフィックス表示装置1でこのアルゴリズムを実行することも可能である。

【0065】一般のポリゴンリダクションアルゴリズムと異なり、削除する頂点が前処理で決まっているので、比較的短時間での実行が可能となる。

【0066】このアルゴリズムを用いると、原理的には最大詳細度モデルについて図3に示すデータを持っていれば、任意の面数のモデルを生成できる。しかし、頂点数が非常に多いモデルから、頂点数の少ないモデルを生成するのは非常に時間がかかるので、いくつかの詳細度のモデルデータを用意することで、この問題は解決可能である。ここで、頂点座標については各詳細度に通の情報とできることに注意する。この方法を発展させて、データの送信順序を低い詳細度のモデルから送るようにすることで、徐々に詳細なモデルを表示することが可能となる。さらに、必要な詳細度が得られれば、その段階でデータの受信を止めるといったフレキシブルな対応が可能となり、システムの負荷や通信量の削減ができる。

【0067】次に、2つ目の例として、1ピクセルあたりの表示色数が少ない場合によく用いられるインデックスカラーモードにおいて、輝度計算結果を正しい表示に近づけるための方法について、図19から図22を用いて説明する。

【0068】インデックス1201と表示色(赤1202, 緑1203, 青1204で表現)の対応表を、256色表示の場合を例にあげ、図19のように、8bitインデックスカラーテーブル1200と呼ぶことにする。これはカラーマップと呼ばれるものとほぼ同じであるが、表示色のデータフォーマットを規定していない点で異なる。ただし、このフォーマットを規定すればカラーマップと同じものになる。カラーマップは、グラフィックスプロセッサ700の中の内部レジスタで保存され、ディスプレイ装置707で使用される。

【0069】事前にインデックス1201と輝度階調値1211から色を計算して表にした、色変換テーブル1210を作成することで、8bitインデックスカラーテーブルの内容をユーザが自由に決められる。さらに、輝度計算結果に対応するインデックス(以下、輝度インデックスカラー1223と呼ぶ)が一度の表引きで求まるため、高速である。

【0070】図20を用いて、色変換テーブル作成1230のアルゴリズムを説明する。入力として、輝度階調の段階L1220と8bitインデックスカラーテーブルR[256], G[256], B[256]1200が必要である。以下動作を順に説明する。行(インデックス1201に対応)のカウンタiを0に初期化し1231、列(輝度階調値1211に対応)のカウンタjを0に初期化する1232。次に、インデックスiに対して、輝度階調値jを元にRGBの値Rij, Gij, Bijを計算する1233。ここで同時に、後で使用するdcmnとindexを初期化している。(Rij, Gij, Bij)の最近似色を検索する部分が1234, 1235, 1241, 1242, 1243である。1243でkが256になると、最近似色のインデックスがindexに得られるので、これをtable[i][j]に保存し、jに1を加える124

4。列について輝度階調の段階L1220の回数だけ1233に戻り、インデックスiに対応する色変換テーブル1210ができる。さらに、この操作を256回繰り返す1246, 1247。このようにして、色変換テーブル1210が得られる。

【0071】この色変換テーブル1210の3Dグラフィックス表示装置における使用法を図21で説明する。輝度計算923の結果得られる輝度階調11221と、輝度が0.5のときに表示されるインデックスカラーを表すベースインデックスカラー1222と、輝度階調の段階L1220と、色変換テーブル1210を入力とする。まず、輝度階調1121と輝度階調の段階を乗算し1251、これを整数化する1252。この値を0~(L-1)にクリップし1253、クリップした値を列、ベースインデックスカラー1222を行として、色変換テーブル1210を参照し、輝度インデックスカラー1223を得る。

【0072】以上の方法により、ユーザが自由に設定したインデックスカラーテーブルを用いた高速輝度計算処理が可能となる。ただし、この方法の問題点として、輝度計算結果を単なる輝度値とみなすために、光源の色の情報を正しく反映していない。

【0073】インデックスカラーモードにおいて、輝度計算結果として色の情報をすべて利用し、本来表示されるはずの画像に近づけるための方法として、システム使用領域を使う輝度インデックスカラーの計算1270アルゴリズムを図22を用いて説明する。

【0074】システム使用領域とは、ここではインデックスカラーテーブルにおいて、ユーザが使用しない領域と定義する。システム使用領域カラー数si1261を設定すると、ユーザは0~(255-si)までのインデックスカラーを利用できる。インデックスカラーテーブルに対し、各カラーが使用中か否かのフラグを追加し、これによりシステム使用領域を管理する。

【0075】アルゴリズムを説明する。まず空いているシステム使用領域のインデックスを求める1271。空きがある場合は、空いている場所に輝度計算結果(R, G, B)を登録し、この場所を輝度インデックスカラーとして出力する。空きが無い場合は、システム使用領域を圧縮するかしないかをユーザが予め決めておく必要がある。圧縮する場合は、近い色を検索して一つにまとめる操作をし、1271に戻る。圧縮しない場合はインデックスカラーテーブルから近似色を検索し、これを出力する1276。

【0076】次に、色変換テーブル1210を用いた装置の例を説明する。WWWサーバ12や放送受信機10からは色数の制限を考慮していない3Dグラフィックス情報が送信されることが多い。これに対し、中間サーバが色変換テーブル作成1230のアルゴリズムを実行し、色変換テーブルを3Dグラフィックス表示装置1に送信す

ることで、装置の表示可能色が少ないために、またはユーザの要求でインデックスカラーモードを利用する場合にも、高速な色変換が可能となる。もちろん、この色変換テーブル1210はWWWサーバ12などが送信してもよいが、装置の性能が多様なために、高性能な装置においては余計な情報となる可能性がある。この意味で、中間サーバを置くメリットがある。

【0077】3つ目の例として、隠面消去法に合わせたモデルへの変換の例を説明する。図24の(a)2つの面が互いに交差している例の場合、Zソート法による隠面消去を行うと、(b)の図のような表示になってしまう。クライアントの情報を予め知るか、サーバが問い合わせることによって、(c)のように三角形ABCを四角形ACHGと三角形GHBに分割することができる。分割は、点Gは直線ABと面DEF、点Hは直線BCと面DEFの交点を求めれば簡単に行える。

【0078】このような分割をWWWサーバ12、3Dグラフィックス開発環境3のように、3Dグラフィックス表示装置1と双方向通信可能な装置上で行うためには、まず、サーバまたは開発環境が3Dグラフィックス表示装置に利用可能な隠面消去法を問い合わせる。次に、もしZソート法を利用するのであれば、Zソート法では正しく表示されない部分を分割したモデルを生成し、3Dグラフィックス表示装置に送信する。ここで、分割アルゴリズムを実行する装置は、必ずしもサーバや開発環境であるとは限らず、これらに接続され、双方向通信可能な別の装置上で行われてもよい。

【0079】ハードウェア量の少ないシステムにおける3D表示の高速表示に関する方法を以下で説明する。

【0080】1つ目の方法として、境界領域の正確な表示のためのクリッピング924のアルゴリズムを図15から図18を用いて説明する。

【0081】図15はグラフィックスプロセッサ70が持つ四角形描画コマンドのフォーマット1100とその動作1114を示したものである。16bitのコマンド列をCPU50からグラフィックスプロセッサ70に与えることで、四角形描画コマンドの動作1114に示すようなテクスチャ領域の矩形部分1115(左上のX座標TXS1102、Y座標TYS1103、幅TDX1104、高さTDY1105)から表示領域内の(DX1, DY1), (DX2, DY2), (DX3, DY3), (DX4, DY4)(1106~1113で指定)を頂点とする四角形1116内に、1101で指定する描画モードに応じてコピーされる。3次元描画において主に用いられるのは、テクスチャ領域の矩形部分1115の図形を表示領域内の四角形1116の形に合わせて変形するモードである。

【0082】グラフィックスプロセッサ70は表示領域外への描画のクリッピングを機能を持っている。しかし、四角形描画コマンドのフォーマット1100の制約から、図16に示すようなハードウェアリミット112

1が存在し、この中の座標でないと、正しく描画されない。ちなみに、この例の場合では、 $MaxX=1023$, $MaxY=1023$, $MinX=-1024$, $MinY=-1024$ となっている。図16において、四角形A, Bはグラフィックスプロセッサ70がクリッピングを行うので、インタフェースを通して見れば、完全描画を行うことに相当する。四角形C, Dは一般的な領域判定アルゴリズム(「コンピュータによる図形処理工学、山口富士夫著、日刊工業新聞社」p.141参照)を用いて容易に描画する必要がないことがわかる。しかし、四角形Eについては、図17の1131に示すように、四角形描画コマンドのフォーマット1100では指定できない範囲にあるので、ハードウェアリミット $x=MaxX$ 以内に納まるように面を切る必要がある。このように、クリッピングはハードウェアだけでは完全には達成できない。

【0083】図17で、図16の四角形Eのクリッピング手法を2つ挙げる。一般的にソフトウェアにおいては、(i)表示領域の境界でクリッピング1132する手法が用いられる。この方法は表示領域と面との交点計算が必要である。しかし、このような切り出しを行うと、テクスチャに関しては四角形描画コマンドのフォーマット1100に対応できなくなる。

【0084】解決方法としては、多角形のテクスチャ付き多角形描画コマンドをグラフィックスプロセッサ70に入れるか、(ii)面分割クリッピング1133をCPU50で行うという方法があるが、前者の方法では、クリッピング結果が複雑な形になればなるほど座標計算が複雑になるため、CPU50での計算がやはり必要になる。一方、面分割クリッピング1133を行えば、テクスチャ座標、幅、高さの情報(1102~1105)の計算も簡単であるので、テクスチャ付き四角形描画においては十分実用的である。

【0085】1131に示している四角形Eを面分割クリッピングしたときの分割の過程を1133で示している。この具体的なアルゴリズムとして、領域の右側($x=MaxX$ の部分)についての面分割クリッピングのアルゴリズムを図18に示す。入力は、頂点座標1(x_1, y_1)1141、頂点座標2(x_2, y_2)1142、頂点座標3(x_3, y_3)1143、頂点座標4(x_4, y_4)1144と、表示領域の境界座標(右側)X1145、ハードウェアリミット(右側) $MaxX$ 1146である。まず頂点の最小x値を求める1162。この値xが表示領域内に納まっているかどうかを判断し1163、納まっていないなら描画しない1168。納まっている場合は、頂点の最大x値を求める1164。この値がハードウェアリミットを超えているかどうかを判断し1165、超えていなければ完全描画する1167。超えていない場合は各辺の中点を求め、四角形を分割し、このアルゴリズムを分割した四角形それぞれにつ

いて適用する1166。これによって、完全描画する四角形の情報として、描画する複数の面の頂点座標1151が得られる。

【0086】図15から図18で説明した面分割クリッピングは、Z方向（奥行き方向）のクリッピングにも利用できる。ハードウェアリミットのz座標をMin Z（視点のある位置）、表示領域の境界z座標をnear Z（視点ピラミッドにおけるヒーズ面のz座標。「コンピュータによる図形処理工学、山口富士夫著、日刊工業新聞社」p. 171参照）とすれば、分割により視点より前方にならず頂点が入るような四角形に分割できる。この方法だけz=near Z面（クリッピング面）で正しくクリッピングされない。そこで、クリッピング面との交点を計算する。2つの交点を結ぶ線分が表示領域内に入っているかどうかを、一般的なクリッピングアルゴリズムで用いられる領域判定法（「コンピュータグラフィックス<技術系CG標準テキストブック>」（監修：技術系CG標準テキストブック編集委員会、発行：財団法人画像情報教育振興協会）p. 107参照）を用いて判定する。領域外と判定されれば、クリッピングによる切断線は表示領域外にあるので、ハードウェアによって自動的にクリッピングされる。領域内の場合は交点から描画領域を求め、マスクを設定する。グラフィックスプロセッサ70はマスクを参照しながら分割四角形を描画することで、z面で正しくクリッピングし、かつ正確なテクスチャ付き四角形を描画できる。ちなみに、ここでいうマスクの概念は2次元グラフィックスでは良く用いられる。例として、「X-Window Ver.11 プログラミング、木下凌一著、日刊工業新聞社」のp. 294のクリップマスクがある。

【0087】2つ目の方法として、座標変換922で行われている、透視投影における面の表裏判定の高速化を図13と図14を用いて説明する。

【0088】描画の高速化を達成するためには面の表裏判定を行い、見えない裏面を描画しないという方法が一般的に用いられている。本システムでは、図13のように、表裏判定1012を投影変換前に行っている。図13のうち、ボディ座標系頂点座標1001、頂点座標のモデリング変換1002、ワールド座標系頂点座標1003、ボディ座標系法線ベクトル1008、法線ベクトルのモデリング変換1009、単位ベクトル化1010、ワールド座標系法線ベクトル1011は3次元図形処理についての一般的用語と同じ意味である（「コンピュータによる図形処理工学、山口富士夫著、日刊工業新聞社」p. 211参照）。代表頂点の選択1006では、面の頂点の中から一つ座標を選択するか、または面内の任意の点を選択し、頂点座標の代表点1007を出力する。裏面の削除1004では判定結果1014にしたがって、ワールド座標系頂点座標1003から裏面の部分を削除し、これを表面のモデルデータ1005

とする。

【0089】表裏判定のアルゴリズムを図14を用いて説明する。投影方法の選択はユーザによって事前に行われているとし、この選択結果を投影モード1013と表現する。投影モードが正投影の場合は、面法線のz方向の値の正負により表裏を判定できる10123。透視変換においては、面の法線ベクトル(a, b, c, d)1011と頂点座標の代表点(x, y, z, w)1007とすると、(a, b, c)と(x, y, z)の内積計算結果の符号だけで表裏判定できる。ここで、同次座標パラメータd, wが省略できる理由は簡単な計算でわかるので省略する。以上から、一つの面に対して、掛け算3回と足し算2回で表裏判定が可能となり、描画の必要のない面の投影変換以降の処理をせずにすむ。なお、正投影でも透視投影でもない場合、判定結果を不明10127として、必要であれば投影変換後に再判定する。

【0090】まず、図13、図14で説明した面の表裏判定の回数を削減する方法として、3Dモデル作成時に同じ面法線を持つ面を見つけて、表裏判定1012をこれらの面に対して一度ですませる方法と、3Dモデル作成時に逆方向の面法線を持つ面のペアを見つけて、一方が表であれば一方は裏という判定をすることで、判定回数を半分にする方法がある。3Dグラフィックス表示装置1の外部でこのような3Dデータを作成し、装置内で解釈することで表裏判定回数を減らすことが可能になる。

【0091】最後に、3Dグラフィックス表示装置1と、外部入出力機器2や3Dグラフィックス開発装置3との間に、ここまで説明した機能を持つ装置を置いた例として、図1と異なる実施形態である図23を説明する。

【0092】これは図1のシステム構成例にWWW中間サーバ2001と放送受信中間サーバ2011（以下、2つをまとめて中間サーバと呼ぶ）、そして、それぞれを3Dグラフィックス表示装置1とつなぐためのWWW中間サーバ用接続回線2002と放送受信中間サーバ用接続ケーブル2012（以下、この2つをまとめて接続線と呼ぶ）が加わったシステムの構成をとる。このような中間サーバを置く理由は2つある。

【0093】一つは、中間サーバを3Dグラフィックス表示装置1の近距離に置くことで、接続線の帯域を大きくとれるので、中間サーバと3Dグラフィックス表示装置1間でのインタラクティブな情報通信が可能となるためである。もう一つは、WWWサーバ12のような外部データベースにおいては、必ずしも3Dグラフィックス表示装置1の想定している個人情報機器レベルの装置だけにデータを送信するとは限らないため、一般的な3Dデータから3Dグラフィックス表示装置1向けのデータを生成するための中間的な装置を用意して、本発明で挙げた方法を実装し、表示性能を上げるためである。

【0094】初めの理由の具体例として、WWWサーバ12から膨大な3DデータがWWW中間サーバ2001に図3のデータ構造に当てはまる形式で送信されるとする。まず、WWW中間サーバ2001は3Dグラフィックス表示装置1の状態を接続線を経由して問い合わせる。状態の情報としては、画面サイズ、表示可能色や、描画性能などが考えられる。これらの情報を元にすれば、WWW中間サーバ2001側で削除する頂点を検索する必要がないので、図3のデータ構造に基づくモデルを高速にリダクション可能である。WWW中間サーバ2001で生成されたLODモデルは3Dグラフィックス表示装置1に送られ、装置の能力に適合した3Dモデルの表示が可能となる。

【0095】以上の実施例を纏めると、CPUで3D幾何計算を行い、グラフィックスプロセッサで計算結果をレンダリングすることとを特徴とするグラフィックス表示装置に対して、グラフィックス表示装置の性能や機能を元にして、3Dモデルデータや色に関する情報を表示しやすいように変換する方法と装置に関する項目を説明した。3D幾何計算はかならずしもCPUで行う必要はなく、専用の幾何計算用プロセッサをグラフィックス表示装置内に用意してもよい。

【0096】

【発明の効果】本発明によれば、ワークステーションや上位のパーソナルコンピュータ向けに作成された3Dグラフィックスデータに頂点削除順序のような情報を加え、これを解釈する3Dグラフィックス表示装置により、個人情報機器のようなハードウェア量の少ないシステムにおいても、十分な3D表示速度と品質が得られる。さらに、表示可能色の制限や隠面消去法の種類などの3Dグラフィックス表示装置の能力を考慮したシステム構成をとるための方法を用いることにより、汎用の3Dデータにおいてもハードウェア量の少ないシステムで十分な表示速度を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である3Dグラフィックスシステムの構成例。

【図2】グラフィックスプロセッサの詳細。

【図3】3Dモデルのデータ構造と3Dモデルの例。

【図4】詳細度の異なる3Dモデルと、詳細度テーブル。

【図5】3Dモデルの表示アルゴリズム。

【図6】詳細度の選択アルゴリズム。

【図7】Torus1の頂点座標の表。

【図8】Torus1の連続的なポリゴンリダクションに必要な情報の表。

【図9】Torus1の三角形頂点番号の表。

【図10】Torus2の三角形頂点番号(1)の表。

【図11】Torus2の三角形頂点番号(2)の表。

【図12】z値に対応する詳細度係数の設定方法。

【図13】面の表裏判定に関わる機能ブロック図。

【図14】面の表裏判定アルゴリズム。

【図15】四角形描画コマンドのフォーマットと動作。

【図16】ハードウェアリミット(四角形描画可能な範囲)による四角形描画の制限。

【図17】制限により描画できない四角形のクリッピング手法。

【図18】領域の右側部分における、面分割クリッピングアルゴリズム。

【図19】インデックスカラーテーブルと色変換テーブルのフォーマット。

【図20】色変換テーブル作成アルゴリズム。

【図21】色変換テーブルによる輝度インデックスカラーの計算アルゴリズム。

【図22】システム使用領域を使う輝度インデックスカラーの計算アルゴリズム。

【図23】中間サーバを用いたシステム構成例。

【図24】Zソート法に適した面の分割。

【符号の説明】

- 1…3Dグラフィックス表示装置、2…外部入出力機器、3、13…3Dグラフィックス開発環境、4…ユーザインタフェース機器、5…表示装置(CRT)、10…放送受信機、11…DVD、CD再生装置、12…WWWサーバ、14…キーボード、15…マウス、20…放送受信機用SCSIケーブル、21…再生装置用SCSIケーブル、22…インターネット回線、23…キーボードケーブル、24…マウスケーブル、30…放送受信機用SCSI、31…再生装置用SCSI、32…10BaseT、33…モデムコントローラ、34…シリアルI/O、35…タイマ、40…外部入出力バス、50…CPU、51…割込コントローラ、52…外部バスインタフェース、53…主記憶、60…システムバス、70…グラフィックスプロセッサ、71…グラフィックスメモリバス、72…グラフィックスメモリ、80…画像信号バス、701…システムバス用I/O、702…グラフィックスプロセッサ内部バス、703…内部レジスタ、704…内部レジスタ信号線、705…メモリインタフェース、706…レンダリング装置、707…ディスプレイ装置、708…画像信号出力線、709…CRT表示用I/O、721…ディスプレイリストバッファ、722…フレームバッファ、723…テクスチャバッファ、1012…表裏判定、1100…四角形描画コマンドのフォーマット(16bit)、1114…四角形描画コマンドの動作、1132…表示領域の境界でクリッピング、1133…面分割クリッピング、1161…面分割クリッピング(右側)、1200…8bitインデックスカラーテーブル、1210…色変換テーブル、1230…色変換テーブル作成、1250…色変換テーブルによる輝度インデックスカラーの計算、1270…システム使用領域を使う輝度インデックスカラーの計算、143

19

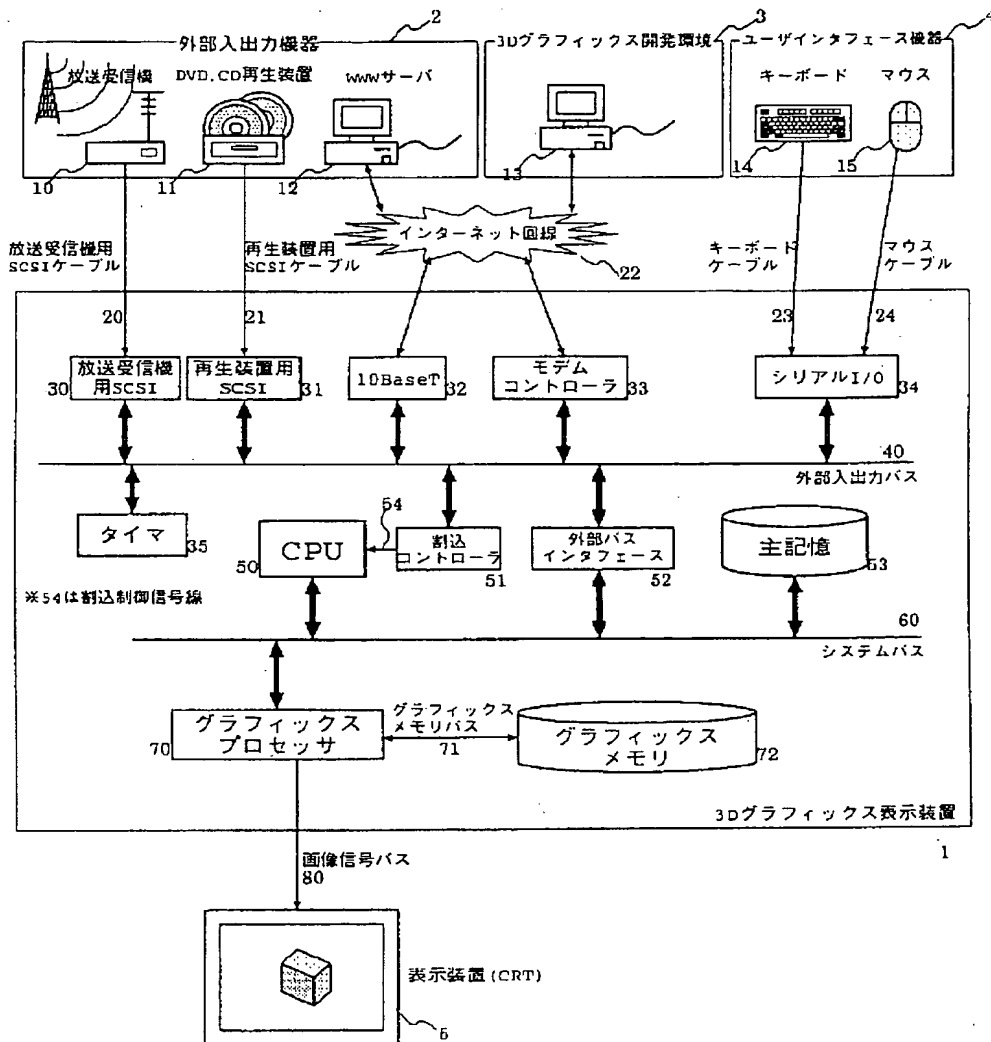
20

0…クライアント側がZソート法で隠面消去するという
情報を元に、サーバ側で面を分割、2001…WWW中

間サーバ、2011…放送受信中間サーバ。

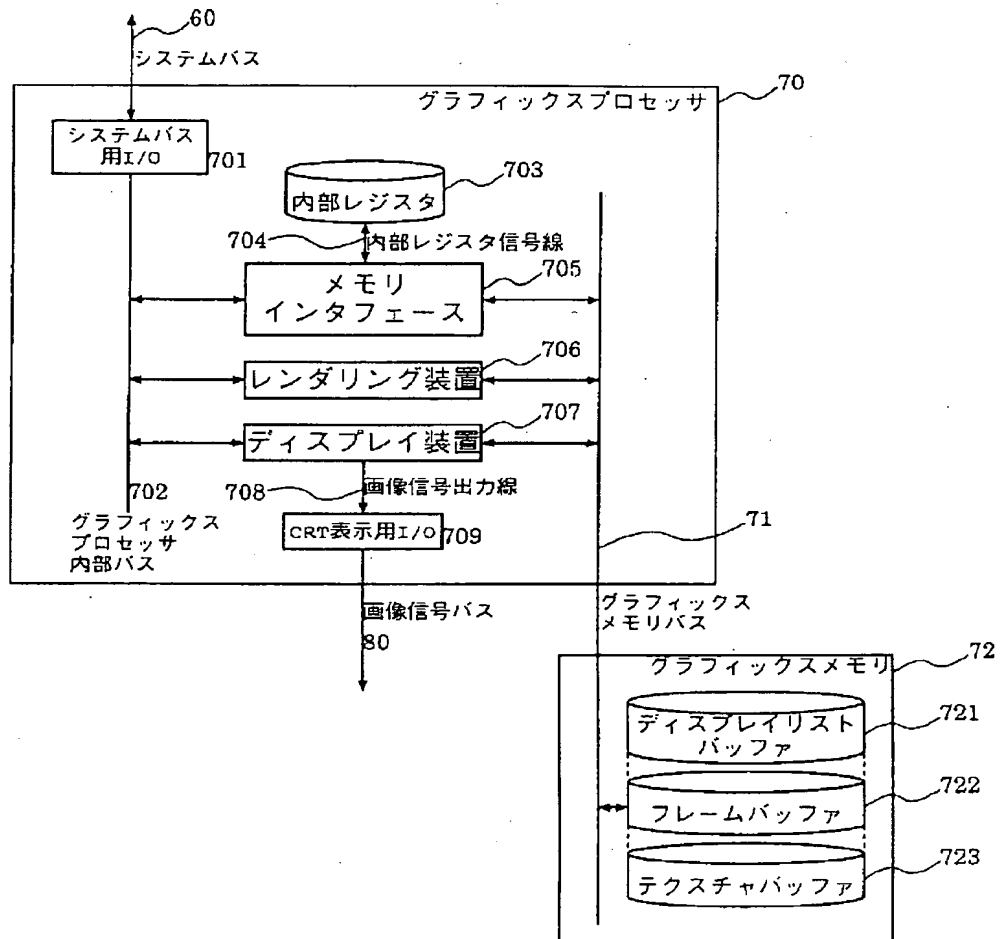
【図1】

図 1



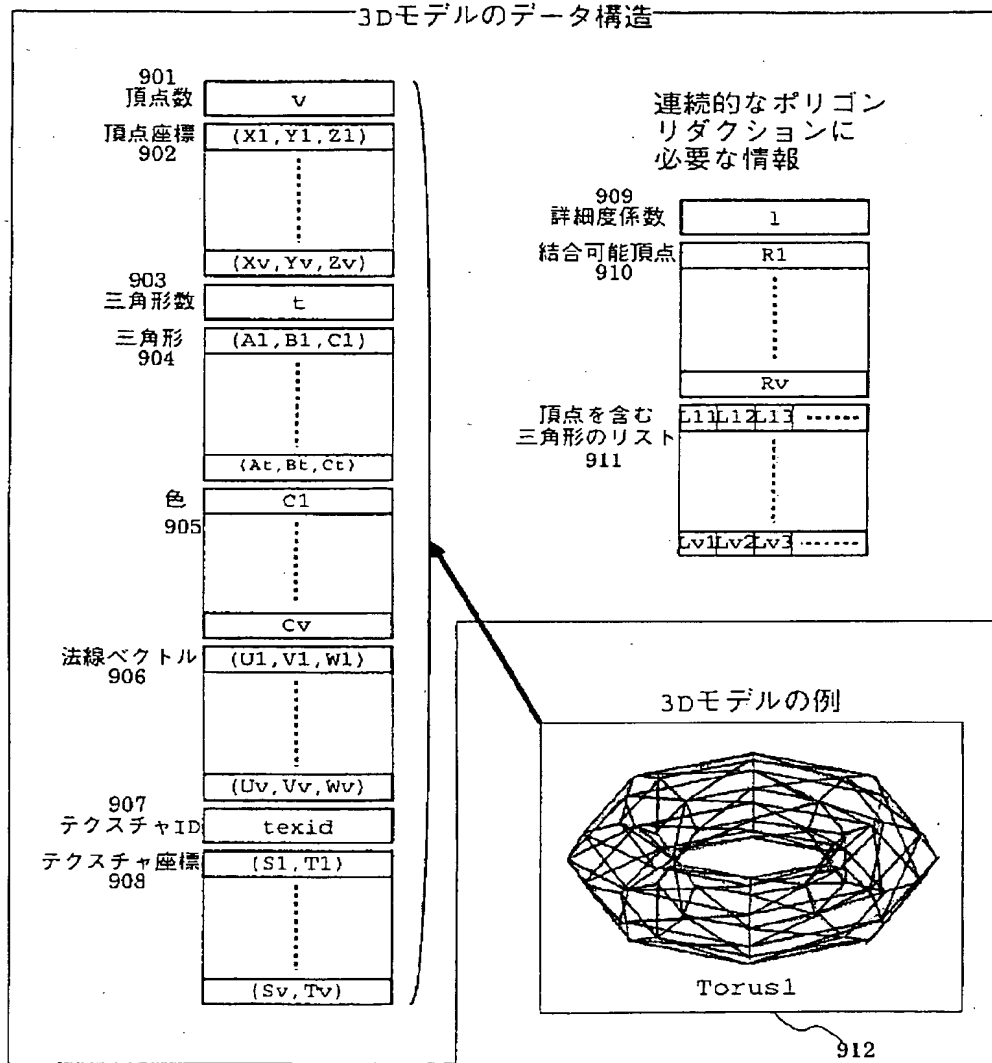
【図2】

図 2



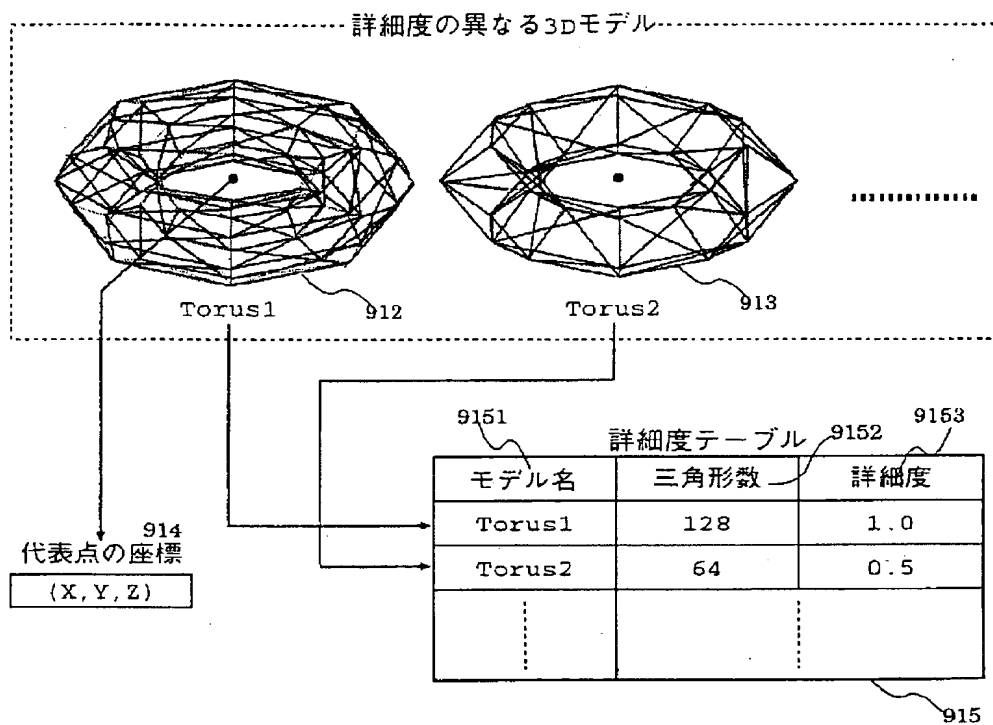
【図3】

図 3



【図 4】

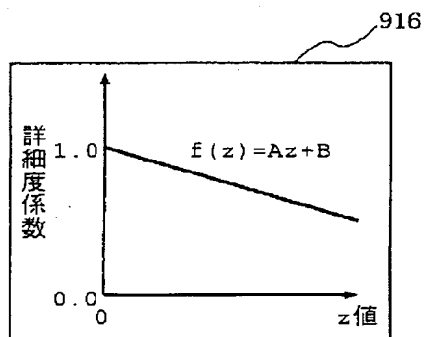
図 4



【図 12】

図 12

z値に対応する詳細度係数の設定方法

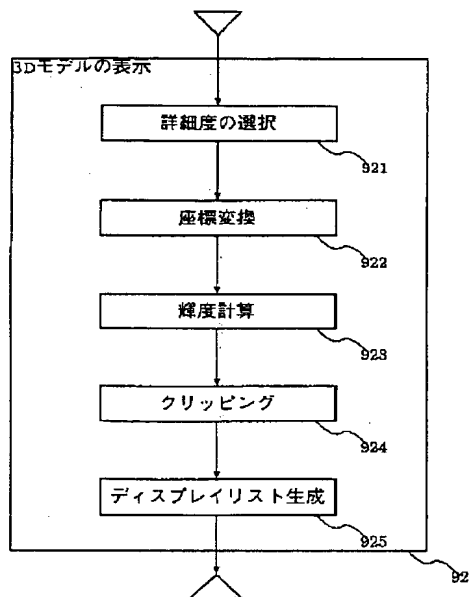


917

z値	詳細度係数
~10	1.0
10~20	0.5
...	...

【図5】

図 5



【図11】

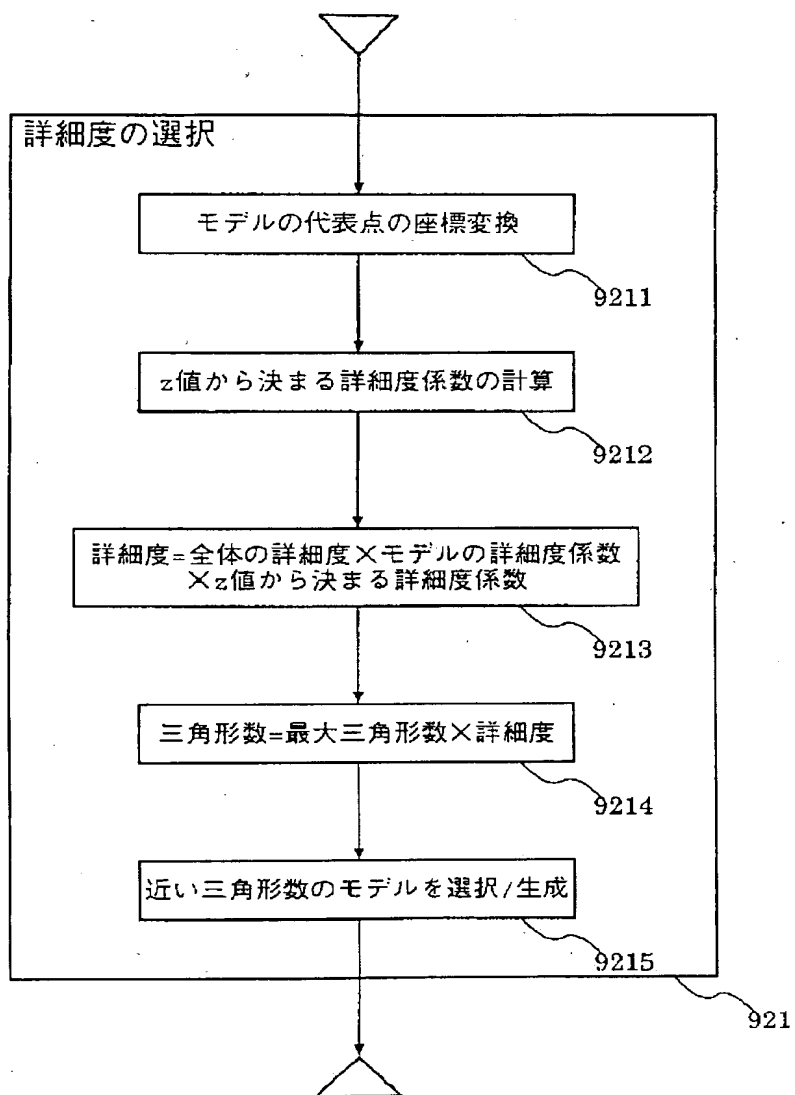
図 11

Torus2の三角形頂点番号(2)

三角形 番号	頂点番号			三角形 番号	頂点番号		
	A	B	C		A	B	C
2	0	4	5	66	16	20	21
3	0	5	1	67	16	21	17
6	1	5	6	70	17	21	22
7	1	6	2	71	17	22	18
10	2	6	7	74	18	22	23
11	2	7	3	75	18	23	19
14	3	7	4	78	19	23	20
15	3	4	0	79	19	20	16
18	4	8	9	82	20	24	25
19	4	9	5	83	20	25	21
22	5	9	10	86	21	25	26
23	5	10	6	87	21	26	22
26	6	10	11	90	22	26	27
27	6	11	7	91	22	27	23
30	7	11	8	94	23	27	24
31	7	8	4	95	23	24	20
34	8	12	13	98	24	28	29
35	8	13	9	99	24	29	25
38	9	13	14	102	25	29	30
39	9	14	10	103	25	30	26
42	10	14	15	106	26	30	31
43	10	15	11	107	26	31	27
46	11	15	12	110	27	31	28
47	11	12	8	111	27	28	24
50	12	16	17	114	28	0	1
51	12	17	13	115	28	1	29
54	13	17	18	118	29	1	2
55	13	18	14	119	29	2	30
58	14	18	19	122	30	2	3
59	14	19	15	123	30	3	31
62	15	19	16	126	31	3	0
63	15	16	12	127	31	0	28

【図6】

図 6



【図 7】

図 7

Torus1の頂点座標

モデル座標				モデル座標			
頂点番号	X	Y	Z	頂点番号	X	Y	Z
0	7.0000	0.0000	0.0000	32	6.4142	1.2247	0.7071
1	5.0000	1.7321	1.0000	33	3.5858	1.2247	0.7071
2	3.0000	0.0000	0.0000	34	3.5858	-1.2247	-0.7071
3	5.0000	-1.7321	-1.0000	35	6.4142	-1.2247	-0.7071
4	4.9497	2.4749	-4.2866	36	4.5355	3.4925	-3.2208
5	3.5355	3.4998	-2.0619	37	2.5355	2.4925	-1.4887
6	2.1213	1.0607	-1.8371	38	2.5355	0.0430	-2.9029
7	3.5355	0.0357	-4.0619	39	4.5355	1.0430	-4.6350
8	0.0000	3.5000	-6.0622	40	0.0000	4.4319	-4.8478
9	0.0000	4.2321	-3.3301	41	0.0000	3.0176	-2.3983
10	0.0000	1.5000	-2.5981	42	0.0000	0.5681	-3.8125
11	0.0000	0.7679	-5.3301	43	0.0000	1.9824	-6.2620
12	-4.9497	2.4749	-4.2866	44	-4.5355	3.4925	-3.2208
13	-3.5355	3.4998	-2.0619	45	-2.5355	2.4925	-1.4887
14	-2.1213	1.0607	-1.8371	46	-2.5355	0.0430	-2.9029
15	-3.5355	0.0357	-4.0619	47	-4.5355	1.0430	-4.6350
16	-7.0000	0.0000	0.0000	48	-6.4142	1.2247	0.7071
17	-5.0000	1.7321	1.0000	49	-3.5858	1.2247	0.7071
18	-3.0000	0.0000	0.0000	50	-3.5858	-1.2247	-0.7071
19	-5.0000	-1.7321	-1.0000	51	-6.4142	-1.2247	-0.7071
20	-4.9497	-2.4749	4.2866	52	-4.5355	-1.0430	4.6350
21	-3.5355	-0.0357	4.0619	53	-2.5355	-0.0430	2.9029
22	-2.1213	-1.0607	1.8371	54	-2.5355	-2.4925	1.4887
23	-3.5355	-3.4998	2.0619	55	-4.5355	-3.4925	3.2208
24	0.0000	-3.5000	6.0622	56	0.0000	-1.9824	6.2620
25	0.0000	-0.7679	5.3301	57	0.0000	-0.5681	3.8125
26	0.0000	-1.5000	2.5981	58	0.0000	-3.0176	2.3983
27	0.0000	-4.2321	3.3301	59	0.0000	-4.4319	4.8478
28	4.9497	-2.4749	4.2866	60	4.5355	-1.0430	4.6350
29	3.5355	-0.0357	4.0619	61	2.5355	-0.0430	2.9029
30	2.1213	-1.0607	1.8371	62	2.5355	-2.4925	1.4887
31	3.5355	-3.4998	2.0619	63	4.5355	-3.4925	3.2208

【図8】

図 8

Torus1の連続的なポリゴンリダクションに必要な情報

頂点番号	※	頂点を含む三角形番号のリスト						頂点番号	※	頂点を含む三角形番号のリスト					
0	0	0	1	15	112	126	127	32	0	1	2	3	112	113	114
1	1	3	4	5	114	115	116	33	1	5	6	7	116	117	118
2	2	7	8	9	118	119	120	34	2	9	10	11	120	121	122
3	3	11	12	13	122	123	124	35	3	13	14	15	124	125	126
4	4	0	14	15	16	17	31	36	4	0	1	2	17	18	19
5	5	2	3	4	19	20	21	37	5	4	5	6	21	22	23
6	6	6	7	8	23	24	25	38	6	8	9	10	25	26	27
7	7	10	11	12	27	28	29	39	7	12	13	14	29	30	31
8	8	16	30	31	32	33	47	40	8	16	17	18	33	34	35
9	9	18	19	20	35	36	37	41	9	20	21	22	37	38	39
10	10	22	23	24	39	40	41	42	10	24	25	26	41	42	43
11	11	26	27	28	43	44	45	43	11	28	29	30	45	46	47
12	12	32	46	47	48	49	63	44	12	32	33	34	49	50	51
13	13	34	35	36	51	52	53	45	13	36	37	38	53	54	55
14	14	38	39	40	55	56	57	46	14	40	41	42	57	58	59
15	15	42	43	44	59	60	61	47	15	44	45	46	61	62	63
16	16	48	62	63	64	65	79	48	16	48	49	50	65	66	67
17	17	50	51	52	67	68	69	49	17	52	53	54	69	70	71
18	18	54	55	56	71	72	73	50	18	56	57	58	73	74	75
19	19	58	59	60	75	76	77	51	19	60	61	62	77	78	79
20	20	64	78	79	80	81	95	52	20	64	65	66	81	82	83
21	21	66	67	68	83	84	85	53	21	68	69	70	85	86	87
22	22	70	71	72	87	88	89	54	22	72	73	74	89	90	91
23	23	74	75	76	91	92	93	55	23	76	77	78	93	94	95
24	24	80	94	95	96	97	111	56	24	80	81	82	97	98	99
25	25	82	83	84	99	100	101	57	25	84	85	86	101	102	103
26	26	86	87	88	103	104	105	58	26	88	89	90	105	106	107
27	27	90	91	92	107	108	109	59	27	92	93	94	109	110	111
28	28	96	110	111	112	113	127	60	28	96	97	98	113	114	115
29	29	98	99	100	115	116	117	61	29	100	101	102	117	118	119
30	30	102	103	104	119	120	121	62	30	104	105	106	121	122	123
31	31	106	107	108	123	124	125	63	31	108	109	110	125	126	127

※ は 結合可能頂点

【図9】

図 9

Torus1の三角形頂点番号

三角形 番号	頂点番号 A B C			三角形 番号	頂点番号 A B C			三角形 番号	頂点番号 A B C			三角形 番号	頂点番号 A B C		
0	0	4	36	32	8	12	44	64	16	20	52	96	24	28	60
1	0	36	32	33	8	44	40	65	16	52	48	97	24	60	56
2	32	36	5	34	40	44	13	66	48	52	21	98	56	60	29
3	32	5	1	35	40	13	9	67	48	21	17	99	56	29	25
4	1	5	37	36	9	13	45	68	17	21	53	100	25	29	61
5	1	37	33	37	9	45	41	69	17	53	49	101	25	61	57
6	33	37	6	38	41	45	14	70	49	53	22	102	57	61	30
7	33	6	2	39	41	14	10	71	49	22	18	103	57	30	26
8	2	6	38	40	10	14	46	72	18	22	54	104	26	30	62
9	2	38	34	41	10	46	42	73	18	54	50	105	26	62	58
10	34	38	7	42	42	46	15	74	50	54	23	106	58	62	31
11	34	7	3	43	42	15	11	75	50	23	19	107	58	31	27
12	3	7	39	44	11	15	47	76	19	23	55	108	27	31	63
13	3	39	35	45	11	47	43	77	19	55	51	109	27	63	59
14	35	39	4	46	43	47	12	78	51	55	20	110	59	63	28
15	35	4	0	47	43	12	8	79	51	20	16	111	59	28	24
16	4	8	40	48	12	16	48	80	20	24	56	112	28	0	32
17	4	40	36	49	12	48	44	81	20	56	52	113	28	32	60
18	36	40	9	50	44	48	17	82	52	56	25	114	60	32	1
19	36	9	5	51	44	17	13	83	52	25	21	115	60	1	29
20	5	9	41	52	13	17	49	84	21	25	57	116	29	1	33
21	5	41	37	53	13	49	45	85	21	57	53	117	29	33	61
22	37	41	10	54	45	49	18	86	53	57	26	118	61	33	2
23	37	10	6	55	45	18	14	87	53	26	22	119	61	2	30
24	6	10	42	56	14	18	50	88	22	26	58	120	30	2	34
25	6	42	38	57	14	50	46	89	22	58	54	121	30	34	62
26	38	42	11	58	46	50	19	90	54	58	27	122	62	34	3
27	38	11	7	59	46	19	15	91	54	27	23	123	62	3	31
28	7	11	43	60	15	19	51	92	23	27	59	124	31	3	35
29	7	43	39	61	15	51	47	93	23	59	55	125	31	35	63
30	39	43	8	62	47	51	16	94	55	59	24	126	63	35	0
31	39	8	4	63	47	16	12	95	55	24	20	127	63	0	28

【図10】

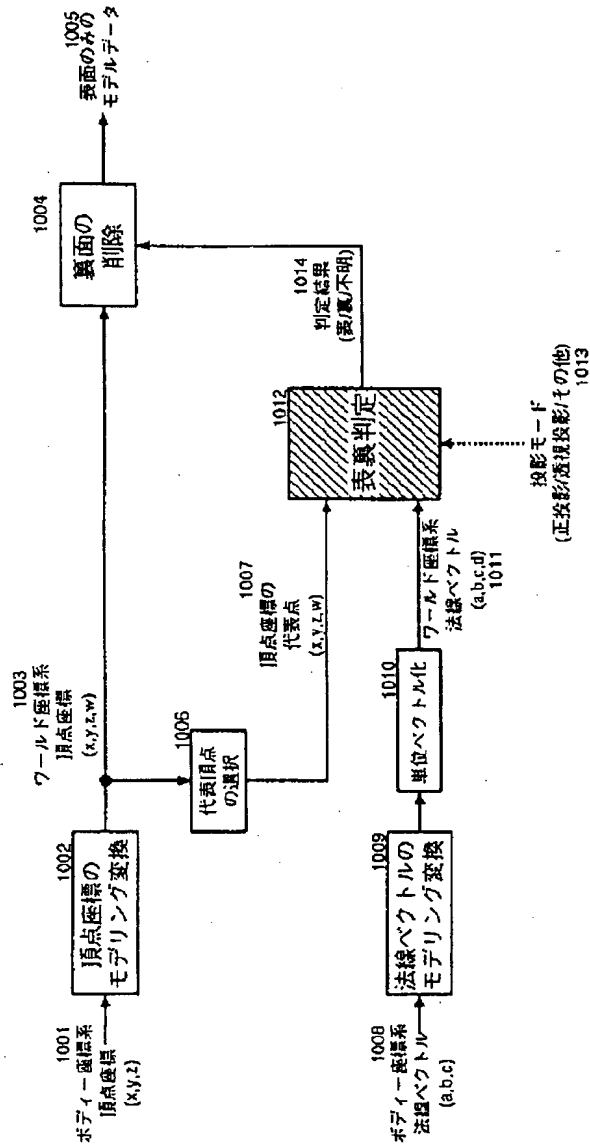
図 10

Torus2の三角形頂点番号(1)

三角形 番号	頂点番号 A B C	三角形 番号	頂点番号 A B C	三角形 番号	頂点番号 A B C	三角形 番号	頂点番号 A B C
0	0 4 4	32	8 12 12	64	16 20 20	96	24 28 28
1	0 4 0	33	8 12 8	65	16 20 16	97	24 28 24
2	0 4 5	34	8 12 13	66	16 20 21	98	24 28 29
3	0 5 1	35	8 13 9	67	16 21 17	99	24 29 25
4	1 5 5	36	9 13 13	68	17 21 21	100	25 29 29
5	1 5 1	37	9 13 9	69	17 21 17	101	25 29 25
6	1 5 6	38	9 13 14	70	17 21 22	102	25 29 30
7	1 6 2	39	9 14 10	71	17 22 18	103	25 30 26
8	2 6 6	40	10 14 14	72	18 22 22	104	26 30 30
9	2 6 2	41	10 14 10	73	18 22 18	105	26 30 26
10	2 6 7	42	10 14 15	74	18 22 23	106	26 30 31
11	2 7 3	43	10 15 11	75	18 23 19	107	26 31 27
12	3 7 7	44	11 15 15	76	19 23 23	108	27 31 31
13	3 7 3	45	11 15 11	77	19 23 19	109	27 31 27
14	3 7 4	46	11 15 12	78	19 23 20	110	27 31 28
15	3 4 0	47	11 12 8	79	19 20 16	111	27 28 24
16	4 8 8	48	12 16 16	80	20 24 24	112	28 0 0
17	4 8 4	49	12 16 12	81	20 24 20	113	28 0 28
18	4 8 9	50	12 16 17	82	20 24 25	114	28 0 1
19	4 9 5	51	12 17 13	83	20 25 21	115	28 1 29
20	5 9 9	52	13 17 17	84	21 25 25	116	29 1 1
21	5 9 5	53	13 17 13	85	21 25 21	117	29 1 29
22	5 9 10	54	13 17 18	86	21 25 26	118	29 1 2
23	5 10 6	55	13 18 14	87	21 26 22	119	29 2 30
24	6 10 10	56	14 18 18	88	22 26 26	120	30 2 2
25	6 10 6	57	14 18 14	89	22 26 22	121	30 2 30
26	6 10 11	58	14 18 19	90	22 26 27	122	30 2 3
27	6 11 7	59	14 19 15	91	22 27 23	123	30 3 31
28	7 11 11	60	15 19 19	92	23 27 27	124	31 3 3
29	7 11 7	61	15 19 15	93	23 27 23	125	31 3 31
30	7 11 8	62	15 19 16	94	23 27 24	126	31 3 0
31	7 8 4	63	15 16 12	95	23 24 20	127	31 0 28

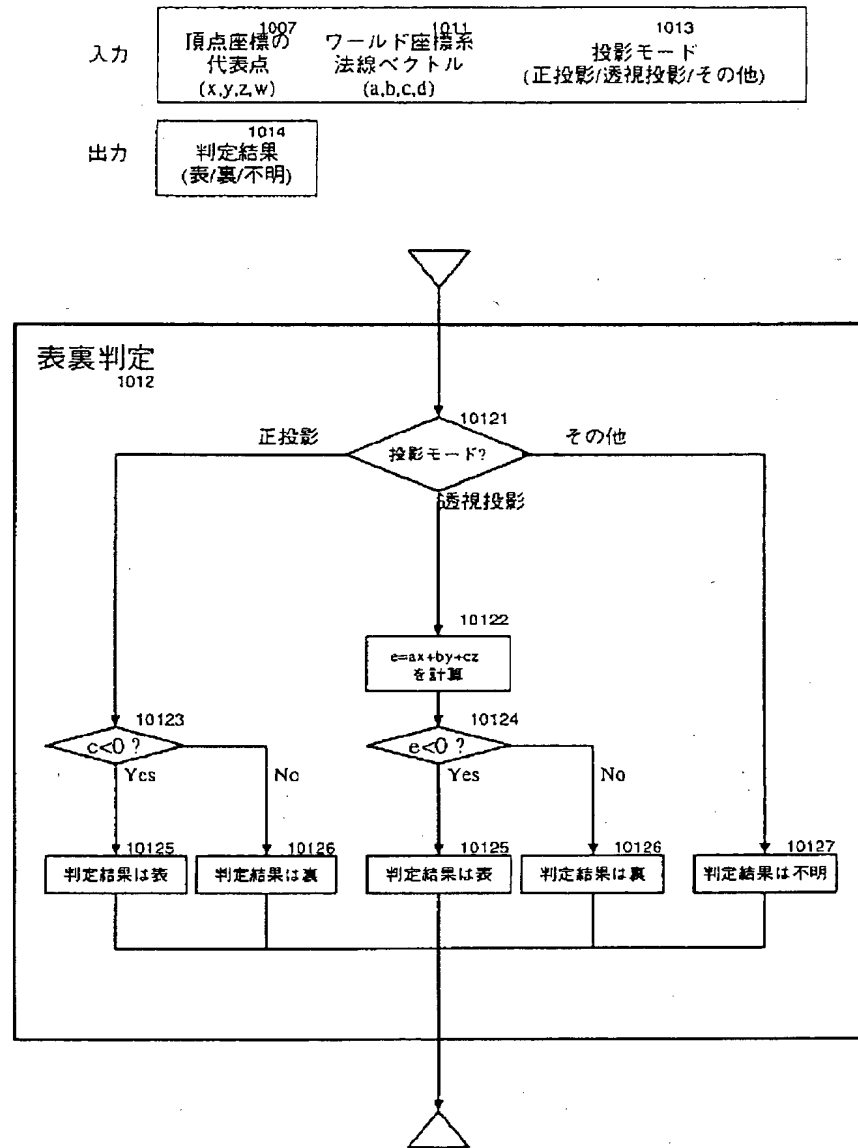
【図13】

図 13



【図 14】

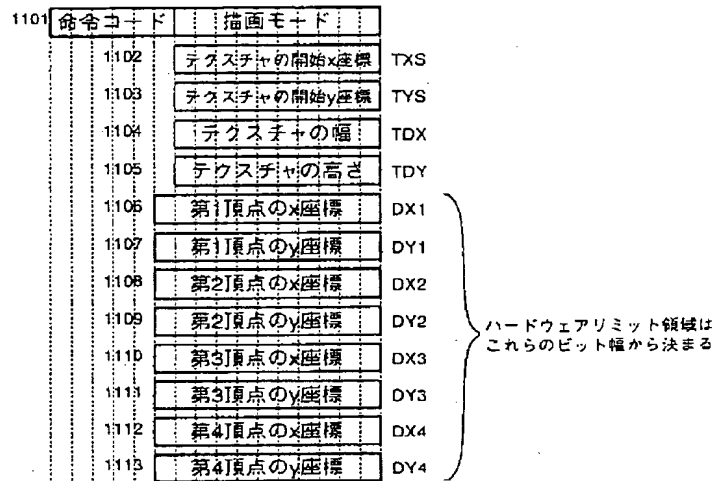
図 14



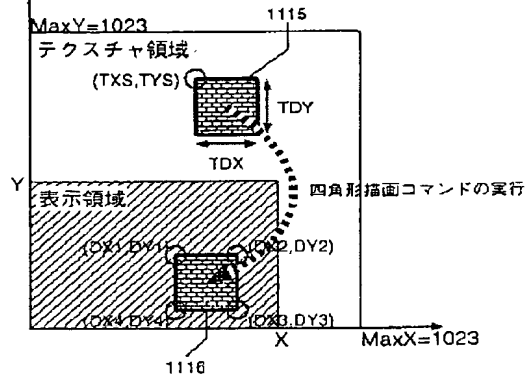
【図15】

図 15

四角形描画コマンドの
フォーマット(16bit)

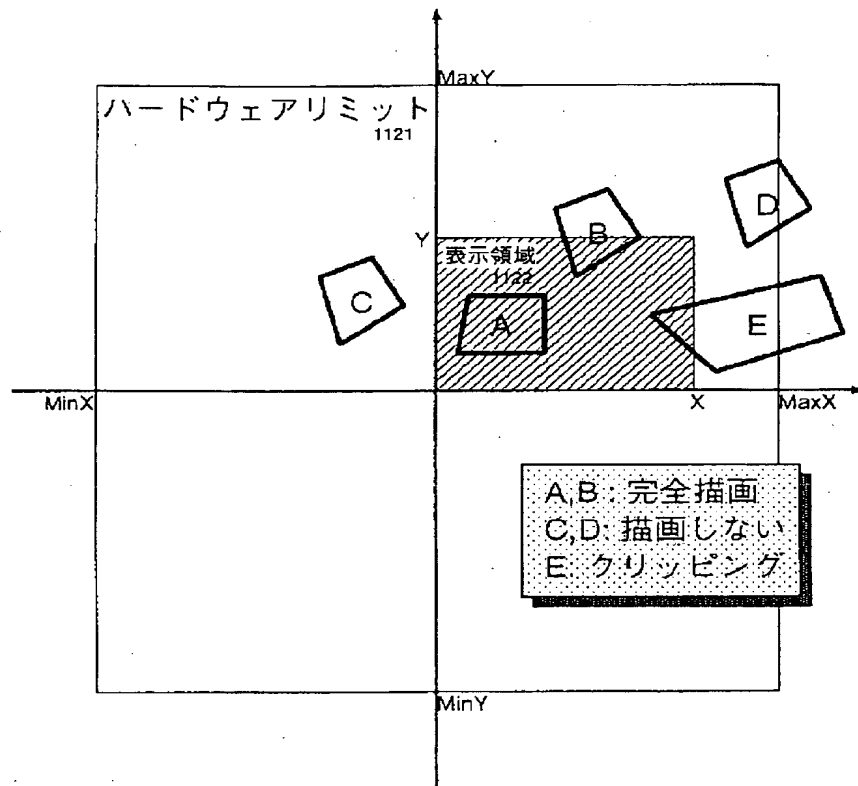


四角形描画コマンドの動作



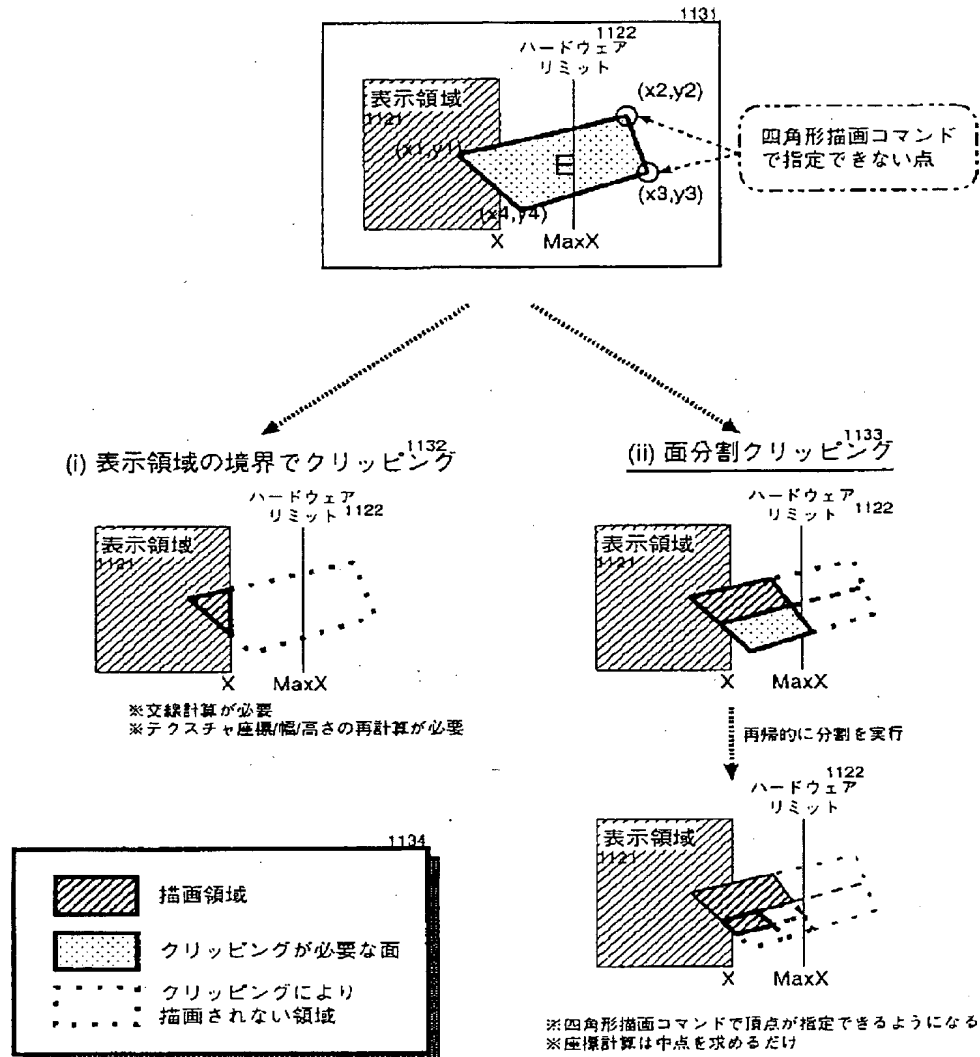
【図16】

図 16



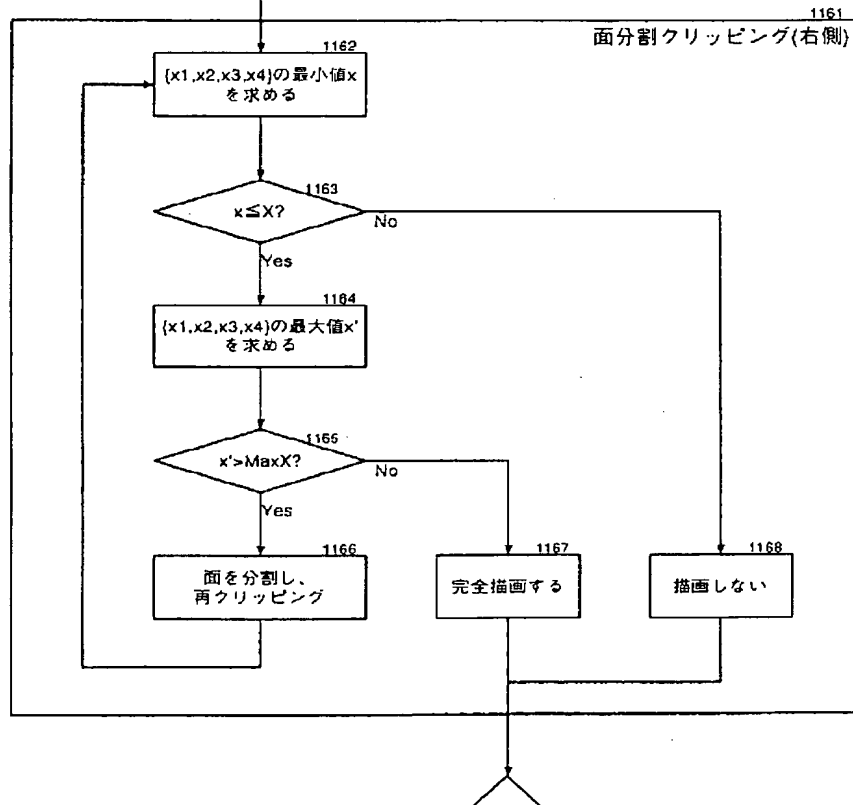
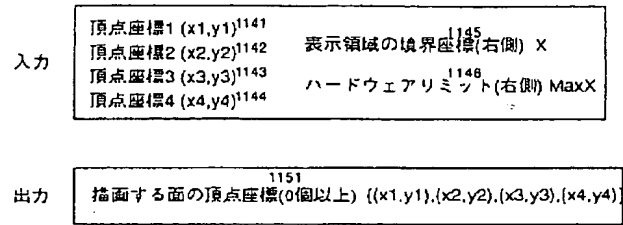
【図 17】

図 17



【図 18】

図 18



【図19】

図 19

8bitインデックスカラーテーブル¹²⁰⁰
 ※赤:緑:青を3bit:3bit:2bitの割合で割り当てた例

インデックス	赤(R)	緑(G)	青(B)
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.333
⋮	⋮	⋮	⋮
i	R[i]	G[i]	B[i]
⋮	⋮	⋮	⋮
255	1.0	1.0	1.0

色変換テーブル¹²¹⁰

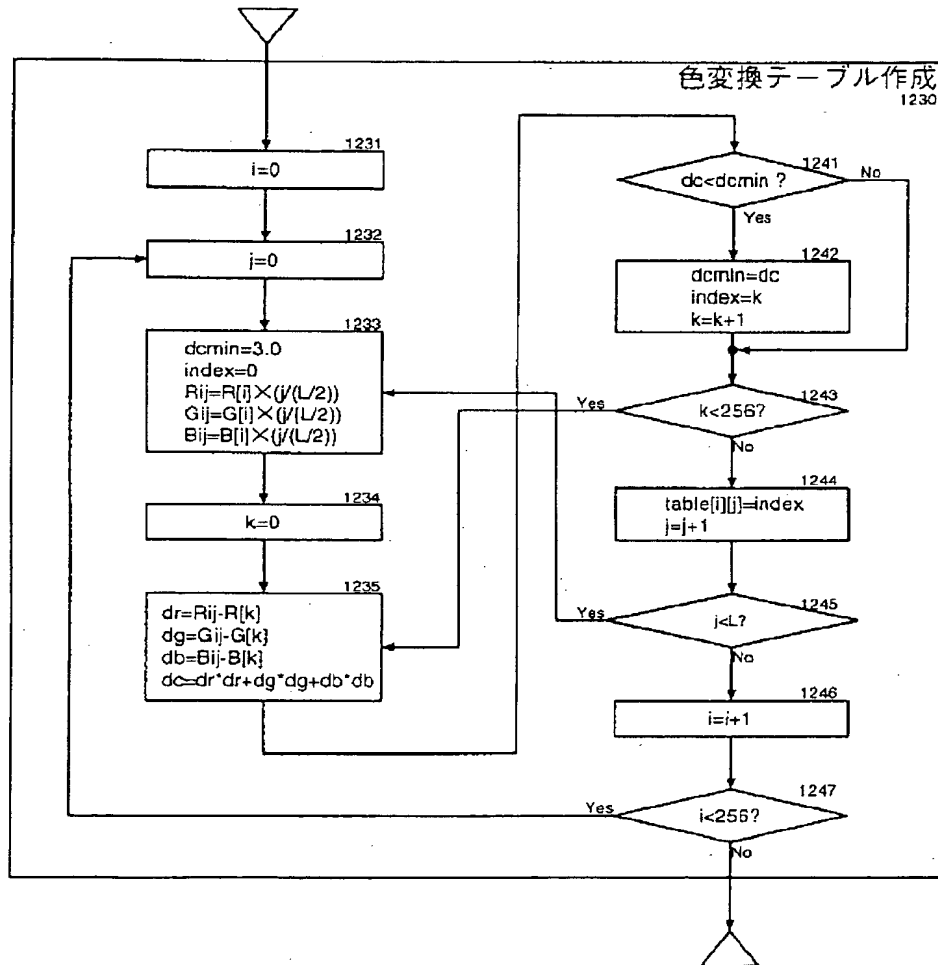
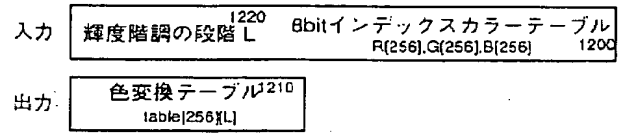
※輝度階調を16段階とした場合

インデックス	輝度階調値															
	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12	i13	i14	i15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
255	0	36	73	109	109	146	182	219	255	255	255	255	255	255	255	255

in は 図20のtable[i][n]に対応

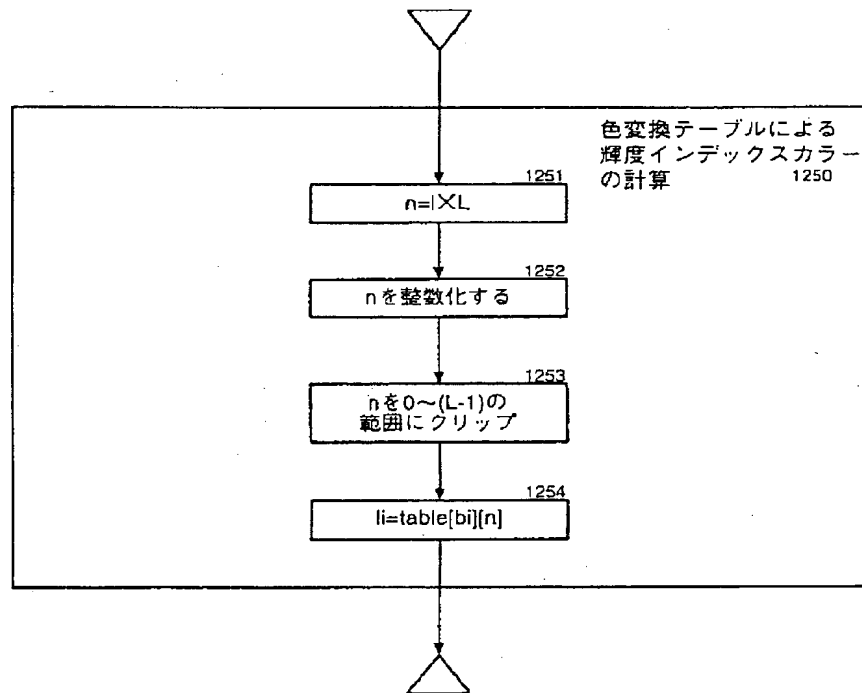
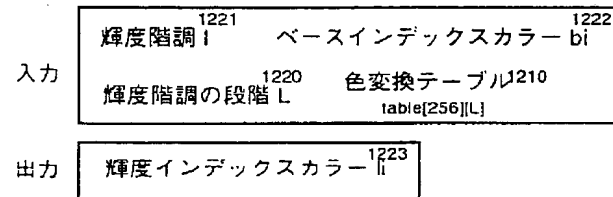
【図20】

図 20



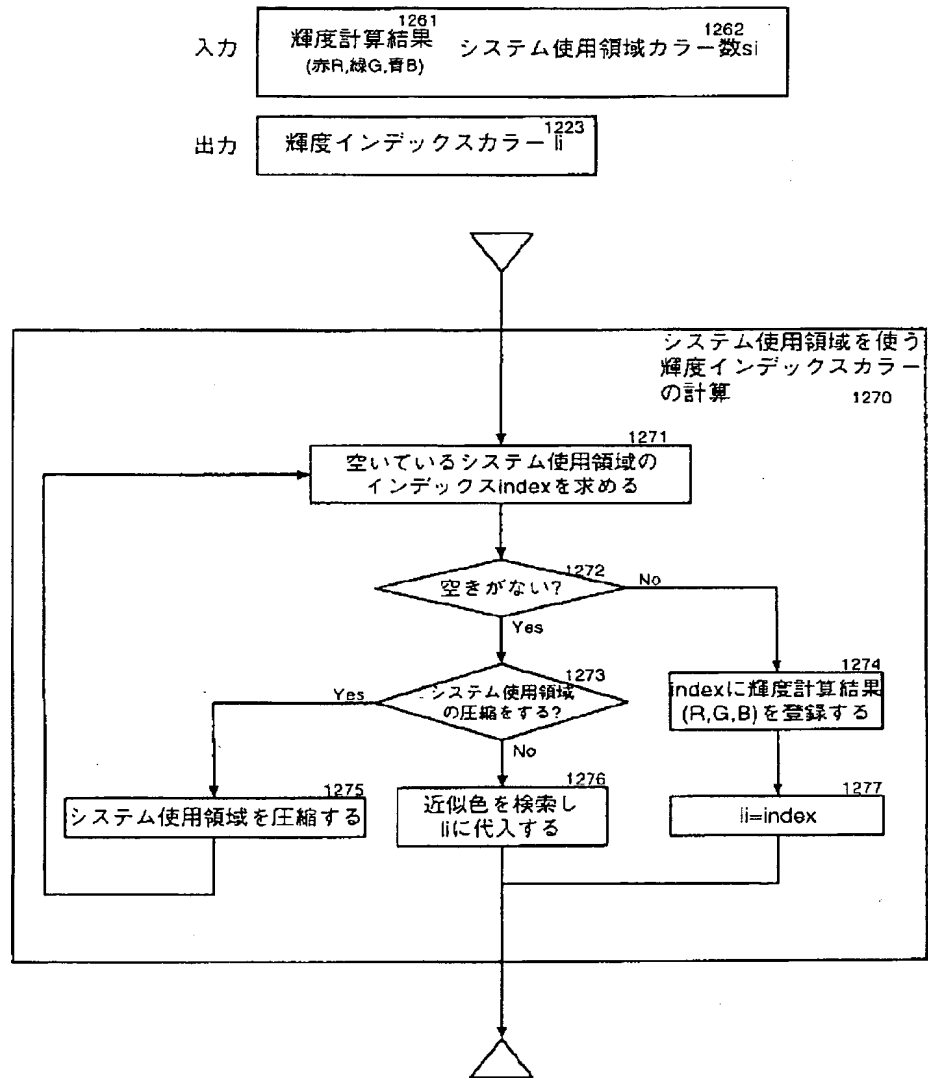
【図 2 1】

図 21



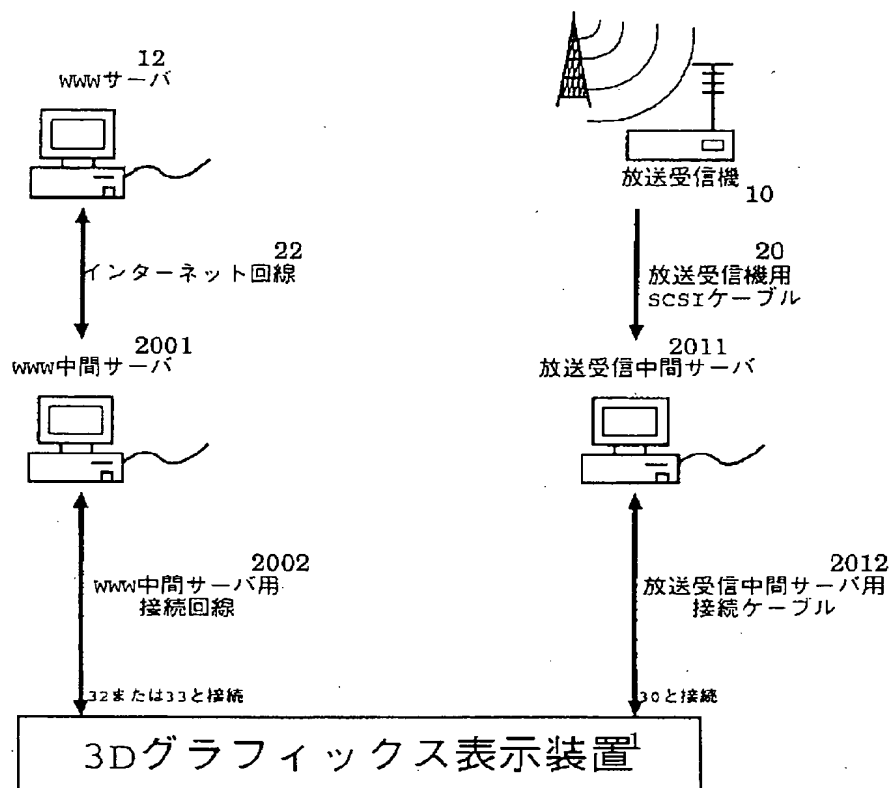
【図22】

図 22



【図23】

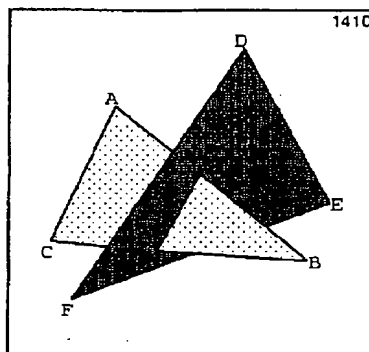
図 23



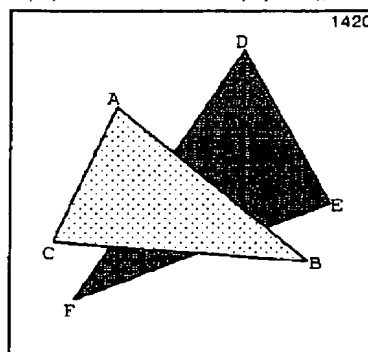
【図2.4】

図 24

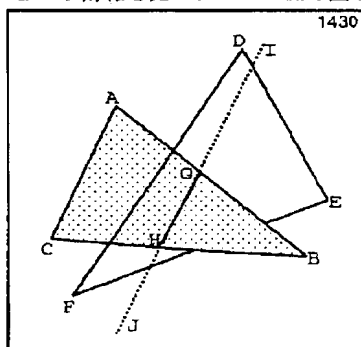
(a) 2つの面が互いに交差している例



(b) zソート法による(a)の描画



(c) クライアント側がzソート法で隠面消去するという情報を元に、サーバ側で面を分割



フロントページの続き

(72)発明者 松尾 茂
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 下村 哲也
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 掛部 功
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 中塚 康弘
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.